This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

GIFT OF

GEORGE C. MAHON, Esq.,

TO THE LIBRARY OF THE

UNIVERSITY OF MICHIGAN.

Digitized by Google

Digitized by Google

TN
723
.M99

Digitized by Google

Digitized by Google

32486

TRAITÉ

DES

FORGES DITES CATALANES,

OU

L'ART D'EXTRAIRE DIRECTEMENT ET PAR UNE SEULE OPÉRATION LE FER DE SES MINES;

CONTENANT LE DÉTAIL DES CONSTRUCTIONS ET DISPOSITIONS MÉTALLURGIQUES QUI S'Y RAPPORTENT,

AVEC

LA MANIÈRE DE RÉDUIRE LA GUEUSE EN FER AU MOYEN DE LA FUSION LIQUIDE DANS LES AFFINERIES,

ET

DE NOUVELLES EXPÉRIENCES SUR LES POMPES.

PAR

J. M. MUTHUON,

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES ET USINES.

TURIN, 1808.

DE L'IMPRIMERIE DÉPARTEMENTALE.

Digitized by Google

Digitized by Google

AVERTISSEMENT.

Je me propose de joindre à ce traité les planches des constructions et dispositions qui y sont détaillées, mais les images ne remplacent pas en toute occasion au moins facilement les raisonnemens, et ne montrent pas bien les conséquences qui en résultent; ainsi le discours même pour ces constructions et dispositions était toujours nécessaire, et il n'y aura point de double emploi.

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAITÉ

DES FORGES DITES CATALANES,

OU

L'ART D'EXTRAIRE DIRECTEMENT ET PAR UNE SEULE OPÉRATION LE FER DE SES MINES.

Ce traité est divisé en trois parties; la première a pour objet la construction des forges où l'on réduit par une seule opération les minérais ferrugineux en métal; la seconde, le travail de ces forges; et la troisième, ce qui concerne leur administration.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA CONSTRUCTION DES FORGES DITES CATALANES.

Cette première partie est composée de deux sections: dans la première, il s'agit de l'emplacement des usines et des bâtimens; dans la seconde, des artifices.

Digitized by Google

SECTION PREMIÈRE.

DE L'EMPLACEMENT DES USINES DITES A LA CATALANE ET DES BATIMENS.

Quand on choisit un emplacement, l'on doit faire attention à la nature du terrain, à sa position relativement au cours d'eau qui le touche ordinairement, et examiner si l'on aura la pente ou les chûtes nécessaires.

Les terrains qui bordent les ruisseaux et les rivières, auprès desquels on place les usines, sont pour la plupart des dépôts qui n'ont ni consistance, ni solidité. Quelques rians, quelques agréables qu'ils soient, il faut s'en méfier, et préférer un local où le rocher est sinon à nu, du moins près de la surface, autrement on risque de dépenser des sommes considérables, avant d'avoir trouvé une base sur laquelle on puisse construire solidement.

Il est besoin de connaître jusqu'où s'élèvent les ruisseaux et les rivières dans leurs débordemens, et l'on doit s'établir au-dessus du niveau où ils parviennent alors, pour que l'eau n'innonde pas les usines, et que les canaux qui servent à l'écoulement ne soient pas obstrués.

Autant qu'il est possible, le terrain que l'on

Digitized by Google

choisit doit être exposé au nord, et sur-tout il convient que la face des bâtimens soit de ce côté. Un bâtiment qui a dix mètres de largeur et une longueur de vingt, est très-suffisant pour recevoir une forge catalane, et pour que les ouvriers aient l'aisance et les commodités nécessaires.

En construissant le bâtiment, on doit non-seulement ménager les issues et communications qui conviennent le mieux pour le service, l'airage et la salubrité, mais encore pratiquer les ouvertures et former les arceaux nécessaires pour les artifices qui vont de l'extérieur à l'intérieur, et qui sont placés partie dedans et partie hors de l'édifice; d'où l'on voit déjà qu'il est besoin d'avoir un plan de construction adapté au local et de tout y tracer avant de commencer à bâtir.

Les terrains varient à l'infini, les plans doivent varier de même, et par conséquent l'on ne peut en fixer aucun d'une manière précise.

La longueur et la largeur du bâtiment en indiquent la forme, mais il faut que la longueur soit parallèle au cours d'eau artificiel que l'on établira, et par conséquent que la largeur soit à angle droit.

Indépendamment de la base sur laquelle on construit, deux choses contribuent à rendre

Digitized by Google

le bâtiment solide, l'épaisseur des murs et leur élévation.

Un épaisseur de cinq décimètres est suffisante pour les deux murs de largeur et celui de longueur qui est opposé au courant d'eau artificiel; mais celui qui touche ce courant doit avoir sept décimètres à sa base et six à sa partie supérieure; il ne s'élève pas plus haut que les autres, mais il s'enfonce plus bas de deux mètres, à cause des excavations qu'il faut faire pour le jeu des roues qui descendent extérieurement au-dessous du niveau du sol intérieur sur lequel vient s'étendre leur axe.

Quand les murs longitudinaux ont cinq mètres au-dessus du sol intérieur qui est celui de l'usine, on a une élévation suffisante; mais les murs de largeur qui prennent une forme triangulaire à partir de ce point, doivent arriver plus ou moins haut, suivant le pays où l'on est, c'est-à-dire suivant qu'il y tombe beaucoup ou peu de neige. Dans le premier cas les deux parties de la toiture doivent tout ou plus faire un angle droit, dans le second cas l'angle peut être plus ou moins obtus.

Les grosses pièces qui supportent la couverture doivent être de chêne autant qu'il est possible. Le châtaignier convient beaucoup pour la menue charpente, parce qu'il est de durée

Digitized by Google

et sur-tout qu'il s'enflamme difficilement, on doit se servir le moins possible des bois résineux et du hêtre qui s'altère promptement et que la moindre étincelle peut allumer.

Quand le toit a beaucoup de pente on couvre en ardoises ou en tuiles plates et même avec des bardeaux de châtaignier. Lorsqu'il a peu d'inclinaison, on emploie les tuiles ordinaires, cependant l'ébranlement occasionné par les coups de marteau les dérange fréquemment.

Les charbonnières ont peu de largeur, pour que le charbon que l'on y verse, ait moins d'espace pour rouler, c'est-à-dire, pour se briser, mais elles s'étendent en longueur afin d'avoir la capacité nécessaire; une largeur de six à sept mètres, et une longueur de vingt-cinq, sur six de hauteur, sont les dimensions d'une bonne charbonnière; on la divise en plusieurs parties en faisant des murs de séparation qui empêchent en cas d'accident que le feu se communique d'une partie à l'autre.

On la place tout près de la forge du côté opposé au vent qui règne le plus, et sa toiture est formée d'un seul plan.

On adosse autant que l'on peut les charbonnières contre des terrains élevés, afin qu'elles se remplissent facilement. Cet avantage est

Digitized by Google

suivi d'un inconvénient qui est l'humidité. On s'en garantit en faisant des rigoles de contour, ou en pratiquant de petits canaux dans le sol même du bâtiment.

SECTION DEUXIÈME.

DES ARTIFICES.

Les artifices d'une forge servent à faire le fer et à le préparer; ainsi les uns ont rapport à la fonte, et les autres à la malléation, nous commencerons par les derniers pour arriver graduellement à l'opération principale, avant laquelle d'ailleurs tout doit être prêt et disposé.

§ I.er

DES ARTIFICES NÉCESSAIRES POUR LA MALLÉATION.

N.o 1.er

La roue, son diamètre et autres dimensions, pâles ou aubes, canal d'emboitement.

La roue des forges catalanes est essentiellement composée de six pièces, deux droites et quatre courbes. Les deux pièces droites sont perpendiculaires l'une à l'autre, au milieu elles sont entaillées chacune de la moitié de leur

Digitized by Google

largeur, en sorte qu'après leur assemblage, le plan de l'une se confond exactement avec le plan de l'autre.

Les quatre courbes garnissent les quatre angles droits, résultant de la jonction des deux pièces droites; et forment un cercle dont le centre est au milieu de leur croisement.

Les deux pièces droites sont le diamètre ou deux diamètres égaux de la roue, mais quel doit être ce diamètre? voila le point essentiel.

Le rayon d'une roue forme la longueur du levier d'où résulte sa force; ainsi plus le diamètre composé de deux rayons aura de longueur, plus la force de la roue sera grande.

Mais plus une roue a de diamètre, plus il lui faut de tems pour faire une révolution; ainsi le mouvement central ou de l'axe est en raison inverse de la longueur du levier, c'est-à-dire que plus le levier est grand, plus, lorsque le centre est fixe, le mouvement central est rallenti.

Ainsi une roue de treize mètres de diamètre fera au plus huit révolutions par minute, si on veut la retenir sur les chantiers et éviter des ruptures, tandis qu'une de trois à quatre mètres de diamètre, en fera vingt-quatre et trente, avec une même quantité d'eau et sans

Digitized by Google

se gêner, en supposant qu'elles n'ont point de charge ni l'une ni l'autre; or dans les forges catalanes le mouvement doit être tantôt lent, tantôt accéléré; il faut que la roue qui sert pour la malléation soit à même de faire vingt-quatre révolutions par minute; on ne peut avoir cette vîtesse avec une roue d'un grand diamètre; les petites roues sont donc les seules que l'on puisse et que l'on doive employer.

J'ai reconnu qu'une roue de trois mètres et trois décimètres avait les meilleures dimensions.

Les pièces droites ou croix ont un décimètre et demi d'épaisseur et quatre décimètres de largeur.

Les courbes ont la même largeur que les croix, mais une épaisseur d'un décimètre est suffisante; le bois de chêne et le hêtre qui se conserve bien lorsqu'il est toujours mouillé, conviennent beaucoup pour faire les unes et les autres.

Les roues des forges catalanes n'ont point de couronnement et au lieu d'augets, elles portent des pâles ou aubes.

La largeur des pâles est la même que celle des croix, leur épaisseur, la même que celle des courbes, leur longueur ou saillie hors des courbes, de quatre décimètres et demi.

Digitized by Google

Les quatre extrémités des croix forment quatre pâles, les autres sont fixées sur les courbes, à une distance de trois décimètres les uns des autres. Chaque pâle a deux forts tenons et entre par conséquent dans la courbe par deux mortoises. Les tenons ont une queue saillante dans l'intérieur des courbes; les queues sont percées et reçoivent une forte cheville transversale qui les retient.

Les courbes sont également fixées aux croix par un double tenon qui entre dans une mortoise double, dont la largeur est une fois plus grande que l'épaisseur de la courbe, de cette manière on peut les placer et les déplacer séparément en ôtant les coins qui garnissent l'espace supérieur de la mortoise.

Les roues à pâles exigent un canal d'emboitement qui forme le segment d'un cercle, dont le centre et la circonférence sont ceux de la roue, et dans lequel un quart des pâles est toujours caché; au-dessus de ce canal d'emboitement circulaire, est un canal ou conduit perpendiculaire, par où passe d'abord l'eau qui doit donner le mouvement.

Digitized by Google

N.° 2.

Axe ou arbre de la roue, supports et enchevêtrure, cames ou lèves.

L'axe ou arbre de la roue est d'abord destiné à la recevoir : pour cela on fait à un ou deux mètres de l'extrémité qu'elle doit occuper, deux mortoises qui le traversent de part en part. Dans l'une entre exactement une des pièces droites; la longueur de l'autre mortoise a une fois et demi la largeur de la seconde pièce; on met d'abord en place la pièce droite qui occupe la petite mortoise; on fait couler la seconde pièce droite dans la grande, jusqu'à ce que les entailles se rencontrent, alors on la fait avancer dans l'autre pièce, jusqu'à ce qu'elles entrent parfaitement l'une dans l'autre et que leurs plans se confondent; on remplit ensuite avec un bon coin la partie de la grande mortoise qui reste vide.

On équarrit la partie de l'arbre qui reçoit la roue, tout le reste est arrondi.

La longueur de l'axe dépend d'abord du local, en second lieu elle doit être telle que l'extrémité opposée à la roue fasse contre-poids, pour que le mouvement soit plus doux. Dans

Digitized by Google

la position la plus favorable un arbre a toujours sept à huit mètres de longueur.

Un arbre de roue doit être solide et inflexible. Il faut d'après cela qu'il soit d'une bonne grosseur; mais son rayon forme le bras du levier de la résistance; ainsi plus il est grand, plus la résistance augmente. Il est donc inutile de chercher des arbres énormes; un axe de cinq décimètre de diamètre est d'une bonne dimension.

A chaque extrémité de l'arbre est un tourillon de fer bien doux. La partie qui entre dans le centre de l'arbre est quarrée et va en diminuant: elle a cinq décimètres de longueur; la partie extérieure de deux décimètres de long est cylindrique, elle doit avoir un décimètre de diamètre, on fait entrer le tourillon dans un trou quarré préparé à cet effet, mais c'est après que l'arbre a été bien ferré et cerclé.

Le ferrement de l'arbre a pour objet d'assurer les tourillons, la roue et les cames ou lèves.

Comme l'endroit qui porte la roue est le plus épais, on fait passer par les deux extrémités les cercles qui doivent consolider cette partie, on en met ensuite quelques uns de dis-

Digitized by Google

tance en distance, dans la longueur de l'arbre qui est libre.

A l'endroit où doivent être les cames, c'est-à-dire à deux mètre de l'extrémité de l'arbre, du côté opposé à la roue on fait quatre mortoises placées sur la circonférence à une égale distance les unes des autres, elles ont un décimètre et demi de profondeur, autant de largeur, et une longueur de trois décimètres: leurs deux grands côtés sont garnis d'une platine de fer, d'un décimètre plus longue que les mortoises, pour qu'elles entrent dans le bois et qu'elles soient fixes.

On garnit toute cette partie de la circonférence de l'arbre où sont les mortoises, de bandes de fer plates de six millimètres d'épaisseur qui se touchent et que l'on assujettit d'abord avec quelques cloux: elles sont posées longitudinalement et dépassent les mortoises de six décimètres de chaque côté, en sorte qu'elles ont quinze décimètres de longueur. Ces bandes sont recouvertes de cercles de fer que l'on chasse avec force: ils sont très-près les uns des autres à l'exception de l'espace où se trouvent les mortoises qui reste libre au milieu d'eux.

La partie de la roue et celle des mortoises pour les cames étant ferrées, on assure les tourillons en garnissant de trois à quatre bons

Digitized by Google

cercles, les deux extrémités de l'arbre qui dans cet état coute ordinairement quinze à seize cent francs.

Dans les forges catalanes la puissance ou force motrice agit du haut en bas et la résistance de bas en haut, d'où il résulte que le jeu de l'arbre et de la roue forme un levier du second genre, où la puissance est à l'extrémité de la roue, le point d'appui au centre de l'axe, et la résistance à la circonférence de l'arbre, entre la puissance et le point d'appui, et comme le rayon de la roue est de quinze décimètres et celui de l'arbre de deux et demi, il s'ensuit que sous ce point de vue la puissance est à la résistance comme six est à un.

La force motrice agissant de haut en bas et la résistance de bas en haut, il en résulte que du côté de la puissance, c'est-à-dire du côté de la roue, l'arbre n'a besoin que de poser sur des chantiers ordinaires, tandis que de l'autre côté il faut d'une part qu'il soit supporté pour qu'il ne tombe pas à terre, et de l'autre qu'il soit arrêté par dessus pour qu'il ne se lève pas à l'effet de fuir la résistance.

Les chantiers de l'arbre du côté de la roue, sont donc des chantiers ordinaires formés d'une grosse pièce de bois posée transversalement à l'axe sur trois traverses longitudinales, qui en-

Digitized by Google

trent dans des entailles inférieures: sur le dessus de cette pièce est une rainure d'un décimètre et demi de largeur, d'une profondeur égale et de toute sa longueur qui reçoit une pièce de bois sur laquelle porte le tourillon; les crapaudines de fer, de cuivre ou de fonte ne sont point en usage dans les forges catalanes: le mouvement y étant tantôt lent, tantôt accéléré, les crapaudines le rendraient plus dur et rongeraient promptement les tourillons ou seraient rongées par eux. La pièce de bois qui sert de chevet, étant placée dans une simple rainure, on la change promptement, facilement, on la retourne, on renouvelle les points d'appui à volonté sans que le travail en souffre.

Les chantiers qui sont à l'extrémité de l'arbre opposée à la roue, devant en même tems le supporter et empêcher qu'il se lève, sont disposés d'une manière toute différente et beaucoup plus dispendieuse.

A l'endroit où ils doivent être placés, on fait dans le terrain une excavation de deux mètres de profondeur, on y place horizontalement un plateau de chêne de trois mètres de long, dans une direction transversale à celle de l'arbre: cette pièce a deux grandes mortoises propres à recevoir des tenons taillés d'un côté en queue d'aronde; elles sont à un

Digitized by Google

mètre de distance l'une de l'autre. Sur cette pièce ou sole on place verticalement deux morceaux de trone d'arbre de trois mètres et trois décimètres de hauteur et de six décimètres d'équarrissage: on fait entrer leur tenon taillé du côté de dehors en queue d'aronde, dans la sole, on les chasse jusqu'à ce que cette queue atteigne son plan, on remplit d'un bon coin de bois la partie de la mortoise qui reste vide, après avoir fait glisser les montans: on remplit l'excavation de terre et de pierres jusqu'à un mètre au-dessus du fond: on enchevêtre les deux montans par un double chassis horizontal fait avec des pièces de bois de deux décimètres d'équarrissage, dont les extrémités s'étendent dans l'excavation: ces chassis sont fixés aux deux montans par des entailles faites sur les quatre côtés de chacun; on les charge de grosses pierres et de terre, et l'on achève de remplir l'excavation jusqu'au niveau du sol de la forge, en sorte que les deux montans ne s'élèvent au-dessus de terre, que d'un mètre et trois décimètre. On y fait deux mortoises directes et correspondantes de six décimètres de long sur un décimètre et demi de large, qui traversent chaque montant de part en part: on fait entrer dans ces mortoises un fort plateau qui occupe les deux tiers de la hauteur

Digitized by Google

des mortoises, on pose le tourillon de l'arbre sur le plateau qui se trouve de champ, un second plateau est posé de même sur le tourillon, et remplit l'autre tiers de la mortoise, ainsi l'arbre est assujetti de ce côté, et ne peut ni descendre ni monter. Ces plateaux se changent, se retournent à volonté, comme le chevet de la roue.

Les cames occupent les mortoises faites dans l'arbre avant son ferrement; ce sont des pièces de bois plantées perpendiculairement à sa longueur, saillantes en dehors et sur lesquelles ou par lesquelles s'exerce la résistance.

Comme elles sont placées à des distances égales, du milieu de l'une au milieu de l'autre, il y a un quart de la circonférence de l'arbre.

Étant posées à deux mètres de son extrémité, cette partie de l'arbre, qui est entr'elles et le tourillon, fait contrepoids, le mouvement est plus doux et les supports ou chantiers ont moins de travail: ainsi un arbre de huit mètres de longueur reçoit la roue à un ou deux mètres de l'une de ses extrémités, les cames à deux mètres de l'extrémité opposée, et il y a quatre à cinq mètres de distance entre les cames et la roue.

On ne fait que quatre mortoises, et il n'y a que quatre cames, on pourrait en mettre da-

Digitized by Google

vantage, mais par la raison que le mouvement doit être tantôt lent et tantôt accéléré et sur-tout que l'arc de cercle parcouru par la résistance est d'une certaine grandeur, il faut que les cames soient éloignées les unes des autres.

La forme de la mortoise qu'elles remplissent indique celle qu'elles ont dans l'intérieur de l'arbre. En dehors elles sont planes et non arrondies du côté qu'elles travaillent, et taillées en biseau sur le revers pour l'échappement.

Leur saillie hors de l'arbre est d'un décimètre et demi; elles s'appliquent sur la résistance de toute leur longueur et largeur au même instant. Si elles agissaient de pointe, elles augmenteraient, d'une manière notable, le bras du levier de la résistance.

Les cames sont presque toujours de bois de hêtre vert; lorsqu'elles sont usées ou cassées on les remplace par d'autres qui sont préparées d'avance et que l'on tient dans l'eau. Les cames de fer seraient plus solides et plus durables; mais elles rendent le mouvement dur et occasionnent des ruptures.

Quand il s'agit de les changer on les hache en morceaux dans la mortoise même et on les renouvelle toutes les quatre dans moins d'une heure, sans qu'il y ait aucune perte de tems.

Digitized by Google

N.° 3.

Manche du marteau, anneau ou bogue, marteau, enclume, ressort du marteau.

Le manche du marteau a quatre mètres de longueur, son diamètre est au moins de trois décimètres, on ne l'équarrit point, on ne le dresse point, afin de ne pas l'affaiblir, on le laisse avec son écorce, et l'on ne fait qu'enlever les nœuds qui sont protubérans. Il est ordinairement de hêtre, on a le soin de choisir un arbre sain et droit.

Il est divisé, par rapport à son action, en deux parties inégales et forme un levier dont le point d'appui est placé à un tiers de la longueur: la puissance agit sur l'extrémité de la petite partie et la résistance est à l'extrémité opposée.

Il fait un angle droit avec l'arbre de la roue, il arrive directement à lui sous les cames qui s'y appliquent presqu'horizontalement l'une après l'autre par l'effet de la rotation.

Un large et épais anneau de fer que l'on appèle bogue, forme le point d'appui. Cette bogue a deux tourillons qui sont le prolongement de deux rayons correspondans ou d'un même diamètre; on passe le manche dans

Digitized by Google

cette bogue, on la fixe à la distance déterminée, avec des coins de bois que l'on enfonce tout à l'entour et de chaque côté, de manière que la tête de ces coins qui se croisent et font un bourlet, empêche la bogue de se déranger.

Les tourillons de la bogue forment un centre de mouvement qui est celui du marteau; mais comme il agit de haut en bas et de bas en haut au point d'appui, que le centre doit être fixe, c'est-à-dire qu'il ne doit ni hausser ni baisser, ni avancer ni reculer, il faut que ces tourillons soient bien assujettis.

A cet effet on place deux montans ou supports qui ont les mêmes dimensions, la même enchevêtrure que les chantiers qui supportent et retiennent l'arbre de la roue du côté des cames. Ils sont distans l'un de l'autre de six décimètres éloignés d'un mètre et trois décimètres de l'arbre, à partir de leur centre, et la ligne droite qui vient des cames, passe au milieu de l'intervalle qui les sépare.

Chaque montant a du côté qu'ils se regardent, une grande entaille qui commence au sol de la forge et monte de six décimètres. Elle pénètre jusqu'au tiers de leur épaisseur qui est de six décimètres: outre cette entaille parallèle à la ligne qui part des cames, chacun en a deux autres transversales de vingt centi-

Digitized by Google

mètres de hauteur et de profondeur, qui affleurent la partie supérieure de la grande: On enfonce dans ces petites entailles deux traverses qui tiennent les deux montans ensemble et forment un quarré.

Sur chacune des grandes entailles on assied des plateaux qui reçoivent et supportent les tourillons de la bogue, on les recouvre d'un ou de plusieurs autres plateaux qui remplissent les deux grandes entailles jusqu'aux traverses: entr'elles et le dernier plateau on enfonce des coins de bois avec force, et de cette manière la bogue ne peut ni monter, ni descendre. Comme le manche du marteau vient joindre l'arbre, il ne peut reculer, et pour qu'il n'avance pas on fiche dans la terre quelques barres de fer devant les plateaux qui reposent sur les entailles.

Le manche étant ainsi placé, on fait le tenon qui doit recevoir et porter le marteau; il a deux décimètres de haut, un et demi de large et trois de longueur.

Le poids du marteau est ordinairement de trois cent à trois cent cinquante kilogrammes. Sa forme depuis l'œil qui a les mêmes dimensions que le tenon du manche, jusqu'à sa surface inférieure, est celle d'un trapézoïde, cette surface inférieure a un décimètre de large, sa

Digitized by Google

longueur parallèle au manche est de quatre décimètres; la partie de l'œil et le dessus forment un cuboïde de trois décimètres en tout sens.

Les marteaux sont de fonte ou de fer; ceux de fer coutent plus, mais il durent davantage; ceux de fonte sont sujets à s'user, c'est-à-dire à s'élargir par le bas; on les taille avec un ciseau, et on applanit leur surface, mais après un service prolongé, il n'est plus possible de les effiler ainsi, et l'on est obligé de les refondre, comme lorsqu'il viennent à se briser.

Quand le marteau est en place, on s'occupe de l'enclume, on fait un creux de deux mètres et six décimètres de profondeur sur deux mètres de large: on y met verticalement et au milieu un billot d'un mètre de diamètre s'il est possible, et de deux mètres de hauteur, on le garnit de pierres et de terres tout à l'entour, jusqu'à sa surface supérieure: on y fait une excavation circulaire de quatre décimètres de diamètre et d'une profondeur égale, on y enfonce un second billot d'un mètre de longueur; dans ce second billot on fait une excavation quarrée, et qui a les mêmes dimensions que la queue de l'enclume qu'elle reçoit.

Digitized by Google

La forme de l'enclume est un trapézoïde, dont la surface supérieure est égale et semblable à celle du marteau, sa surface inférieure est de deux décimètres de large, sur quatre de longueur, sa hauteur est d'un décimètre et demi; du milieu part une forte queue longue de trois décimètres qui s'enfonce dans l'excavation du billot supérieur.

L'enclume pèse deux cent à deux cent cinquante kilogrammes, c'est-à-dire un quart et même un tiers de moins que le marteau; ils sont l'un et l'autre du même métal, un marteau de fer ferait briser une enclume de fonte et réciproquement.

Les deux billots sont garnis d'un bon cercle de fer. Le supérieur qui reçoit l'enclume est en outre entouré d'un fort chassis en bois dont les angles sont remplis avec des coins.

L'établissement de la roue et de son arbre, de l'enclume et du marteau exige donc des soins et un travail particulier. Cependant on entre dans une forge, on voit ces artifices en mouvement, on en considère le jeu, l'enclume résiste et ne fait éprouver aucune secousse, le marteau obéit à la main qui le guide, la roue s'arrête, se meut à volonté, tourne vite ou lentement; on est satisfait, et comme tout

Digitized by Google

semble marcher de soi-même, on conçoit peu l'idée de s'occuper des causes, ou si elle se présente, elle disparaît en un moment.

Cependant il ne suffit pas que chacune de ces pièces ait la disposition particulière qui lui est propre, elles sont et doivent être coordonnées ensemble. L'enclume doit être exactement de niveau avec le centre de l'arbre. Les tourillons de la bogue qui sont le point intermédiaire, se trouvent sur cette ligne horizontale ; le manche du marteau incline, de manière que sa partie supérieure qui est dessous la came, correspond au centre des tourillons et le plan du marteau qui se confond avec celui de l'enclume, s'accorde avec le même point.

On a vu, N.° 2, que le rayon de la roue est à celui de l'arbre, comme quinze à deux et demi, ou comme six est à un, le manche du marteau est divisé de manière que le bras du levier de la résistance, est double de celui où s'exerce la puissance, ce qui diminue de moitié la force du premier. Ainsi dans le jeu combiné des deux leviers, la puissance est à la résistance comme trois est à un, mais à raison de la demie longueur des cames qu'il faut considérer, leur rapport est celui de cinq à deux, ou de deux et demi à un,

Digitized by Google

d'où il résulte qu'il faut une force égale à dix miriagrammes pour faire lever un marteau qui en pèse vingt-cinq. La longueur des cames étant d'un décimètre et demi, et la partie du manche qui porte le marteau ayant le double de l'autre, il en résulte encore que sa levée est de trois décimètres.

Le manche du marteau obéit à la came, il baisse jusqu'à ce qu'elle soit passée, et se relève de suite en montant vers une autre qui vient elle-même à sa rencontre: lorsque la malléation est lente et qu'il ne faut que peu de force, le poids du marteau qui tombe suffit; mais lorsque la malléation doit être vive, et que la force du marteau a besoin d'être augmentée, on donne à l'arbre de la roue plus de vîtesse, la came lève et fait partir le manche en un instant, il va frapper contre une forte pièce de fonte placée au-dessous de lui. Cette pièce qui sert de ressort le renvoie d'autant plus vite et avec d'autant plus de force, que la came le jette contr'elle plus rapidement. Pour que le ressort soit bien disposé, l'on conçoit qu'entre la came et lui il doit y avoir l'épaisseur du manche et quelque chose de plus.

Digitized by Google

N.° 4.

Eau, canaux, antapara ou réservoir, bondes, décharges, cages des roues.

L'eau est le principal agent des forges catalanes. Sa force dépend de son mouvement, et le mouvement du changement de niveau; il faut donc se procurer des chûtes en établissant des canaux qui sont plus ou moins longs suivant que la rivière d'où ils partent est plus ou moins rapide, suivant que l'endroit où l'on se place est plus ou moins avantageux.

Le mouvement n'est ni continu ni uniforme dans les forges catalanes. La dépense de l'eau est donc nulle par intervalles, et ensuite elle varie d'un moment à l'autre; il n'est donc pas aussi nécessaire d'avoir un grand cours d'eau que l'on trouve rarement, et qu'il n'est ni permis ni possible de détourner tout entier, qu'un réservoir qui la conserve; ainsi l'idée d'un bassin ou réservoir accompagne naturellement celle d'une forge catalane.

Mais si l'on était assez favorablement placé pour qu'un canal fournît toute l'eau dont on aurait besoin dans les momens où l'on en consomme le plus, et qui aurait un trop plein ou

Digitized by Google

décharge par où elle s'échapperait totalement ou partiellement, suivant que l'emploi serait nul ou partiel, un réservoir serait-il inutile?

Si les orifices ou ouvertures par où l'eau se précipiterait pour faire force, étaient faits de manière qu'il en passât plus ou moins suivant que cela conviendrait, un réservoir serait-il inutile même dans ce cas?

Eau pointue, eau pointue, disent les ouvriers. Demandez leur pourquoi, ils ne vous répondront pas, mais ils ont raison de la vouloir ainsi.

Plus on fait tomber d'eau, et plus l'instrument qui la reçoit, est petit ou d'un petit volume, la longueur du levier étant la même, plus l'effet est grand (1); d'abord on conçoit facilement que la force motrice étant la même, il n'y a pas de raison pour que le corps sur lequel elle s'exerce, ne reçoive pas la même impulsion, que s'il était plus grand, et l'on voit bientôt que cette impulsion est plus forte,

(1) Ou ce qui est la même chose, l'effet de l'eau n'est pas seulement en raison de sa quantité et du tems, mais encore en raison du moindre espace qu'elle occupe en agissant, et par conséquent du peu de volume que peut avoir le corps qui la reçoit.

Digitized by Google

parce que moins les pâles d'une roue et tout son appareil sont considérables, moins il y a de pésanteur et de frottement, et sur-tout que moins les pâles sont larges, moins elles déplacent d'air: il n'y a d'autre moyen de faire passer beaucoup d'eau par une petite ouverture dans un tems donné, que d'avoir une colonne supérieure qui la presse, ainsi les réservoirs sont nécessaires.

Sous le rapport de la pression il suffit qu'un réservoir ait deux mètres, trois décimètres de hauteur et une largeur égale, la vîtesse est telle alors qu'elle s'accorde avec le tems dont les ouvriers les plus adroits ont besoin pour manier et retourner le fer sans le marteau.

Relativement à la capacité, il faut reconnaître la quantité d'eau qui vient du courant principal. S'il en arrivait autant qu'il s'en débite dans les momens où il s'en consomme le plus, une longueur de vingt mètres serait suffisante: elle doit être de cent mètres, lorsque la rivière et sur-tout le canal n'en fournissent que la moitié, c'est-à-dire huit mètres cubes par minute et de deux cent mètres, lorsqu'ils n'en fournissent que le quart ou quatre mètres cubes: ainsi l'eau ne baisse que de quatre à cinq décimètres durant les intervalles de la plus forte consommation, l'on a toujours une

Digitized by Google

bonne pression, et par conséquent la vîtesse requise.

La partie du réservoir où s'exerce la pression, est et doit être directement au-dessus des artifices, celle qui sert uniquement pour contenir l'eau, est sur la terre ou même dans la terre, et le plus qu'il est possible dans une petite gorge où l'on a la faculté d'en ramasser beaucoup sans faire de la dépense; mais les lieux exigent souvent que l'on s'établisse en partie au-dessus des surfaces, avant d'arriver aux artifices et pour y parvenir.

On fait les réservoirs en bois ou en pierre, on construit d'abord parallèlement au mur du derrière de la forge et à deux mètres de distance de lui, un autre mur qui a la même épaisseur de sept décimètres à sa base et de six à sa partie supérieure. En dedans de la forge le mur de derrière a cinq mètres au-dessus du niveau du sol, et sept en dehors pour le jeu des roues et l'écoulement de l'eau, le mur parallèle s'enfonce et s'élève autant que lui; on y ménage également les vides nécessaires pour le passage des axes et l'établissement de leurs chantiers.

Quand les réservoirs sont en bois on couvre ces deux murs de forts plateaux ou semèles de seize centimètres d'épaisseur, sur lesquels

Digitized by Google

on pose transversalement des cadres ou chassis dont le dessous et les côtés ont vingt centimètres en quarré. Le dessus a la même largeur, mais une épaisseur de quinze centimètres suffit. Ces cadres sont placés à une distance de treize décimètres les uns des autres; les côtés et le fond sont garnis intérieurement en plateaux de sept centimètres, un quart d'épaisseur, fixés aux chassis par des cloux de deux décimètres de long.

Comme les murs ont sept mètres de hauteur et qu'il faut y ajouter l'épaisseur des semèles, celle des pièces inférieures des chassis et des plateaux, il en résulte que le sol du réservoir est élevé de sept mètres, quarante trois centimètres et un quart au-dessus de terre (1).

Les plateaux ne se touchent que sur l'extrémité extérieure de leur épaisseur, en dedans ils laissent entr'eux un vide de dix à douze millimètres, on remplit ce vide ou échancrure avec du calefas. La bonne mousse desséchée fait le même service que le chanvre, et comme elle ne coute que la peine de la ramasser et le transport, on l'emploie de préférence, on

(1) On verra qu'il est des circonstances où les réservoirs sont à une moindre hauteur.

Digitized by Google

la fait entrer de force avec des coins et des maillets, on suit exactement tous les joints, on les repasse les uns après les autres, et si l'ouvrage est fait soigneusement, on peut remplir de suite le réservoir sans aucune crainte; mais avant d'y mettre l'eau, il faut avoir soin d'examiner si les montans des chassis remplissent bien les mortoises dans lesquelles entrent leurs tenons. S'il y a quelques vides, il faut les faire disparaître. Si les plateaux ont quelques nœuds pourris, on les remplit de mousse que l'on y fixe avec des planches et des cloux; au moyen de ces précautions l'eau sera contenue, et quand dans la suite il se fait quelques voyes d'eau, il est facile de les boucher.

Cependant lorsqu'on met l'eau dans un réservoir pour la première fois, il est nécessaire d'agir avec précaution, et de ne le remplir que peu à peu. Chaque partie des chassis, chaque plateau est alors mis à l'épreuve; sur un grand nombre de pièces, il est rare qu'il n'y en ait quelques unes de défectueuses. Le poids et la pression de l'eau les font bientôt connaître, on les change, ou bien on les renforce par des doublures.

On doit tenir constamment plein un réservoir en bois, autrement les plateaux se rétirent, la mouche se dessèche, et lorsqu'on vient

Digitized by Google

ensuite à le remplir, l'eau s'échappe de toutes parts. Cependant les réparations et le nettoyage des canaux exigent qu'on les vide plus ou moins souvent, et qu'ils restent à sec pendant un espace de tems plus ou moins considérable.

Avant d'y remettre l'eau, il faut les visiter d'un bout à l'autre, rebattre la mousse, en enfoncer de nouvelle et fermer exactement et solidement toutes les ouvertures qui se seraient faites. Si le tems, pendant lequel on a réparé et nettoyé les canaux, a été humide et pluvieux, le réservoir n'aura besoin que de bien peu de travail.

En France je n'ai vu aucun réservoir en pierre, en Espagne il y en a beaucoup; ils semblent annoncer plus de constance de la part des entrepreneurs, et donner plus de consistance aux établissemens.

Les espagnols sont très-souvent obligés de tirer la pierre de fort loin: l'extraction, la taille, le transport, la construction donnent lieu à des dépenses considérables, et j'ai vu beaucoup de réservoirs qui seuls avaient coûté vingt, et trente mille francs. Dans un pays de forges on aime à trouver ces monumens destinés à braver les siècles et les injures du tems.

Pour supporter ces réservoirs en pierre, le

Digitized by Google

mur de derrière de la forge, et celui qui est élevé parallèlement sont liés ensemble par de petits murs de traverse, soutenus par des arceaux que l'on établit aux extrémités, et ensuite de distance en distance dans les espaces libres; de ces arceaux partent des voûtes, dont le dessus applani forme le sol du réservoir, on pratique dans ces voûtes les ouvertures nécessaires pour le passage de l'eau d'œuvre, en élève ensuite de deux mètres et trois décimètres le mur de tête, et les deux murs latéraux dont la dernière assise au moins est en pierres de taille, en dedans du réservoir et à partir du fond, les murs sont en talus, et n'ont que trois décimètres d'épaisseur à leur superficie.

La bonde est l'ouverture pratiquée au fond du réservoir par laquelle on donne l'eau. Cette ouverture est de forme ronde, elle a trois décimètres de diamètre, elle est évasée de manière qu'elle a moins de largeur en dessous qu'en dessus.

La bonde se ferme par une pièce de bois d'un mètre de longueur, taillée en cone jusqu'au milieu d'un côté, et de l'autre en pyramide quadrangulaire, dont les angles sont rabattus, à la pointe de la pyramide on fixe une tige de fer verticale qui s'adapte à une bascule. Le bras de levier qui la reçoit est très-court,

Digitized by Google

l'autre se prolonge et se dirige vers le lieu de l'usine qui est le plus commode pour donner l'eau, il porte à son extrémité une perche, en bas de laquelle est une chaine, par ce moyen on ouvre et ferme la bonde à volonté, en donnant plus ou moins d'eau suivant le besoin.

La consommation de l'eau étant nulle par intervalles, et les ouvriers d'ailleurs se reposant tous les sept jours, il faut une décharge au réservoir alimenté par les eaux d'une rivière; pour cela on fait sur un de ses côtés, et dans l'endroit le plus favorable, un canal de quelques mètres de longueur qui a son déversoir dans la rivière, il a la même capacité que le canal principal, mais il est beaucoup plus large et sa profondeur n'est que de quatre décimètres. Le plus haut niveau de l'eau y est tel que les bords du réservoir s'élèvent toujours d'un bon décimètre au-dessus de lui.

Il faut d'une autre part que l'eau d'œuvre s'échappe et s'écoule rapidement, autrement les roues seraient engorgées et le mouvement retardé. J'ai reconnu qu'un canal qui avait quinze décimètres de largeur et une inclinaison de douze millimètres, par mètre de longueur, débitait facilement toute l'eau d'œuvre d'une usine.

L'eau fuyant rapidement a beaucoup de force,

Digitized by Google

le canal qui la conduit doit donc être pavé au fond et muraillé de chaque côté; mais cette dépense est peu de chose, vu que l'on est toujours fort près du courant naturel.

Les cages des roues sont formées par l'espace intermédiaire qui sépare les deux murs latéraux qui supportent les réservoirs, il est des forges où il n'y a que des murailles faibles et très-basses, et où les réservoirs reposent sur des pièces de charpente droites et enchevêtrées, en sorte que l'on ne fait que de simples piliers en maçonnerie pour asseoir les chantiers de la roue. Dans tous les cas on a besoin d'une base solide, et l'eau qui tombe avec violence ne doit pas faire d'excavation. Il ne suffit pas que la cage des roues soit bien pavée, on doit encore la recouvrir en planches attachées solidement; sans cette précaution l'eau arrache les pierres, et creuse des puits qui peuvent donner lieu à des accidens.

La force de l'eau n'est pas la même dans toutes les saisons, et le jeu des artifices n'est pas toujours égal, quoiqu'ils en reçoivent un volume pareil. L'hiver est le tems où elle a le plus de pésanteur, il importe que les canaux et réservoirs ne soient pas exposés au soleil, et par conséquent de planter des arbres tout le long de leurs bords.

Digitized by Google.

§. II.

DES ARTIFICES NÉCESSAIRES POUR LA FONTE.

N.° 1.er

Des trompes.

On trouve des soufflets dans la plus part des forges espagnoles de la Navarre, du Guipuscoa et de la Biscaye: il en est aussi, où l'on se sert des trompes, elles sont presque seules en usage dans les nombreuses forges répandues dans la partie française des pyrénées.

Une trompe est un instrument passif qui ne fait aucun mouvement, il se borne purement à résister et à contenir l'air et l'eau qui s'y séparent d'après sa construction.

Les trompes ne sont donc pas exposées à se déranger; elles ne donnent lieu à aucun chomage, à aucune interruption, et pendant nombre d'années elles n'exigent aucune réparation conséquente. Les soufflets soit de bois, soit de cuir, se dérangent fréquemment, il faut les huiler, les graisser et par conséquent les démonter presque tous les mois.

Les trompes que l'on donne pour modèles, et que l'on emploie généralement dans les mines, ont huit mètres, trois décimètres de hau-

Digitized by Google

teur ; les trompes des forges catalanes n'ont que quatre mètres, leurs dimensions intérieures ne sont pas plus grandes que celles des autres, cependant elles produisent plus d'effet, et surtout un effet que les hautes trompes ne produisent pas et ne peuvent produire. Voici comment je suis parvenu à le reconnaître.

J'avais vu de hauts fourneaux auxquels une haute trompe fournissait tout le vent dont ils avaient besoin. J'avais également vu des forges catalanes où elles étaient en usage. Je crus qu'à tous égards, je ne pouvais mieux faire que de m'en servir, et j'en fis faire une d'abord, lorsque je construisis en l'an huit la forge de la fonderie dans la vallée de Baygorry : on en vint à l'épreuve, et l'on commença le travail. Les forgerons avaient constamment un bon vent, ils trouvaient même qu'ils en avaient trop et diminuaient l'eau. j'étais souvent au milieu d'eux, soit le jour, soit la nuit. Je suivais les détails et l'ensemble des opérations, je voyais qu'ils étaient à tout moment derrière le fourneau occupés à déboucher, ils me disaient que lorsqu'un coup de vent leur était nécessaire ils ne l'avaient pas. Je conçois quelque doute, je monte sur le canal qui fournissait l'eau ; je vois qu'elle ne se débite pas également, qu'elle ne se précipite pas d'une manière constante

Digitized by Google

et uniforme, je reconnais que depuis le milieu jusqu'à la fin du fondage, l'eau est par fois entièrement repoussée et jettée hors du canal.

La trompe n'est pas suffisamment chargée, me dis-je en ce moment, le vent rétrograde, remonte par les tuyaux de descente, arrête l'eau et la refoule.

Je fais raccourcir les trompes, j'établis au-dessus d'elles un réservoir de deux mètres, et trois décimètres de hauteur et d'une largeur égale, on recommence le travail, la fonte se fait mieux, en moins de tems, et l'on a le vent dont on a besoin, suivant les circonstances.

Le réservoir placé au-dessus des trompes produit un double effet; d'après ce que j'ai dit plus haut de ceux que l'on établit au-dessus des roues, on conçoit bien vite quel est le premier, l'eau supérieure presse l'eau inférieure, et il en passe par conséquent davantage dans un tems donné par une ouverture d'un diamètre déterminé; en second lieu la vîtesse qui lui est communiquée augmente la force de sa masse qui est elle-même plus considérable, enfin l'eau du réservoir, opposant une résistance insurmontable au vent, il ne peut plus rétrograder et se trouve obligé de faire force lors qu'il est nécessaire.

On sait que les trompes sont formées d'un

Digitized by Google

tuyau perpendiculaire et d'une cuve. Le tuyau est creusé circulairement et également jusqu'aux deux tiers de sa hauteur. Là il y a un retrait ou étranglement, en sorte que le surplus offre un entonnoir ou cone tronqué renversé, immédiatement au-dessous de l'étranglement il y a quatre trompilles ou ouvertures qui aspirent l'air.

La cuve dans laquelle le tuyau de descente entre de deux décimètres, a plusieurs ouvertures dans le bas pour que l'eau puisse s'échapper; mais à une certaine distance il y a un contrebord, afin qu'elle soit toujours pleine jusqu'au tiers de sa hauteur, qui est d'un mètre et demi ou de deux mètres.

Les cuves sont ordinairement en pierres de taille et en maçonnerie. Leur plan horisontal est une trapèse, le vent doit s'échapper par le petit côté. Le tuyau de descente est placé sur le derrière au tiers de la longueur. Cette longueur est de deux mètres. La largeur du grand côté est égale, celle du petit côté n'est que de sept décimètres.

Les cuves en maçonnerie ont seulement une ouverture par le bas, et le contrebord est fait avec des pierres plates, ou avec des planches fortes, mises en travers du canal de décharge.

Le conduit de l'air ou porte-vent est court

Digitized by Google

et droit (1), sa longueur n'excède pas un mètre, trois décimètres, il forme une espèce de canon dont les deux ouvertures sont inégales, le diamètre de la grande qui pénètre dans la cuve est de vingt-un centimètres; celui de la petite est tantôt de cinq, tantôt de six et tantôt de sept centimètres et demi (2).

La base du cone renversé ou de l'entonnoir de la trompe qui entre dans le réservoir et qui reçoit l'eau, en forme la bonde: le bondon peut être fait de deux manières, ou comme celui qui donne l'eau sur les roues, ou bien il est perforé et sert lui-même de trompille; alors il s'élève constamment au-dessus du réservoir, dans ces deux cas la disposition est la même. C'est toujours une bascule que l'on fait mouvoir par le moyen d'une perche perpendiculaire, placée sous la main de l'ouvrier.

Les trompes coûtent moins à construire que les soufflets. L'entretien de ces derniers est dispendieux, et les réparations fréquentes qu'ils

(1) Voyez les observations à la suite du N.° 3, ci-après.

(2) Voyez le N.° 3 ci-après, où il est parlé de l'artifice avec lequel il est en rapport.

Digitized by Google

exigent, font perdre beaucoup de tems, au lieu que les trompes marchent sans interruption. Elles sont donc l'instrument le plus simple, et l'on doit par conséquent s'en servir de préférence, quand les circonstances en permettent l'établissement.

Cependant on a quelque peine à les employer dans plusieurs endroits, et l'on objecte à leur égard qu'elles donnent un vent humide.

Mais, 1.° Rien ne prouve que le vent des trompes soit mouillé, et sur-tout qu'il soit plus mouillé que celui de l'atmosphère en tems de pluie.

2.° On admet que le vent des trompes emporte avec lui quelques particules aqueuses, mais elles sont un infiniment petit en comparaison de l'eau que tous les ouvriers emploient dans toutes les usines pour concentrer la chaleur, pour rabattre la flamme, pour empêcher le combustible de brûler inutilement à la surface, ce qui d'ailleurs les met à même de faire leur travail commodément, jusqu'à un certain point. Toutes les demi heures au moins ils arrosent les foyers largement et abondamment, et il n'est pas reconnu que ces arrosages soient préjudiciables.

3.° Il est démontré et reconnu en chimie que l'oxigène se combine avec le charbon,

Digitized by Google

lorsque ce dernier a seulement une chaleur rouge, et que le fer pour être oxidé instantanément, par le moyen de l'eau, a besoin d'une chaleur blanche.

4.° Le charbon a plutôt une chaleur rouge que le fer n'a une chaleur blanche.

5.° Le vent qui sort des trompes passe d'abord à travers le charbon.

6.° Le charbon qui est directement et le premier exposé au vent, reçoit et absorbe évidemment l'oxigène de peu d'eau qui passe avec lui.

7.° Le vent n'agit et n'opère chimiquement que parce qu'il contient de l'oxigène que le charbon enlève au calorique qui devient libre.

8.° La réduction de la plus part des minérais et sur-tout des mines de fer, n'a lieu au moins en partie que par une double oxigénation du charbon, opérée d'un côté par le courant d'air artificiel, de l'autre, par le minerai qui lui cède son oxigène, et par la vitrification des matières hétérogènes.

9.° Cette vitrification se fait d'autant mieux que la chaleur est plus grande.

10.° Cette chaleur est d'autant plus grande qu'il y a plus d'oxigène enlevé au calorique, c'est-à-dire qu'il y a plus d'air et d'eau décomposés, d'où il suit que le vent humide

Digitized by Google

des trompes, en le supposant tel, ne peut nuire non plus que les arrosages, qu'il est au contraire salutaire, et que l'épithète de vent mort que l'on donne à l'air des soufflets n'est pas sans fondement.

Cependant les ouvriers qui sont accoutumés à travailler avec des soufflets ne réussissent pas et ne réussiront pas d'abord également bien avec les trompes.

Toutes les trompes de la manière qu'elles ont été faites jusqu'à présent ne donnent qu'un seul vent droit et continu. Un vent droit ne peut que se diriger vers un point fixe en parcourant une ligne droite. Les soufflets donnent l'air alternativement, et comme il sont placés l'un à côté de l'autre, l'air que chacun expire a une direction particulière, d'où il résulte un vent croisé, ou si l'on veut, un vent plus large qui occupe un segment de cercle, en sorte que la fusion s'opère sur un plus grand espace.

Il est évident que l'ouvrier ne doit pas procéder de la même manière, suivant qu'il travaille avec des trompes ou avec des soufflets. Dans le premier cas il doit serrer le minérai et l'amener vers un même point; dans le second, il doit lui faire occuper plus d'espace, le présenter aux deux foyers, et un forgeron

Digitized by Google

agira et fondra mal, quand il n'aura qu'une manière de faire, et qu'il sera dominé par la routine (1).

Au reste il est facile de faire agir les trompes à la manière des soufflets, et voici un mécanisme simple, au moyen duquel on a d'elles un vent croisé et alternatif.

J'adapte à la trompe deux porte-vents placés à une distance convenable l'un de l'autre, du milieu de cette distance s'élève un montant qui reçoit un levier du premier genre; à chaque extrémité du levier j'attache une tringle de fer qui descend perpendiculairement sur l'embouchure de chaque porte-vent. Ces baguettes ont des plaques de fer qui servent de clapet ou soupape, un bras du levier se prolonge d'un côté jusqu'à une petite manivelle que fait mouvoir une roue. Le levier en baissant d'un côté et en montant de l'autre ouvre et ferme alternativement les porte-vents qui de cette manière fournissent l'air tour-à-tour.

(1) On voit qu'il s'agit ici du fondage en général avec les trompes ou avec les soufflets, quelques soient les minerais et les fourneaux.

Digitized by Google

On peut voir d'après ce que je viens de dire que jusqu'ici, la théorie des trompes n'était pas véritablement bien connue.

En leur donnant huit mètres, trois décimètres de hauteur, on ne pouvait se proposer que deux objets. Le premier, d'augmenter la force de la colonne d'eau, le second de favoriser le dégagement ou la séparation de l'air.

Il est certain qu'une colonne d'eau de huit mètres, quatre décimètres de hauteur, a plus de force à diamètre égal que toutes celles d'une moindre longueur; mais dans toutes ces trompes qui sont alimentées par un simple canal dont l'eau se débite à mesure qu'elle arrive, la quantité qui passe est toujours la même, au lieu que dans les trompes à réservoir il passe plus ou moins d'eau à cause de la pression qui y a lieu, en sorte que la vîtesse et la masse augmentant, la colonne quoique moins longue, a réellement une force supérieure.

Quant au dégagement de l'air ou à sa séparation d'avec l'eau, il n'est prouvé en aucune manière qu'il lui faille une chûte de huit mètres, trois décimètres pour qu'elle abandonne celui qu'elle contient: on voit au contraire que l'air attiré par les trompilles tom-

Digitized by Google

bant avec l'eau d'une hauteur de six mètres, a plus d'espace et de tems pour se mêler avec elle, et par conséquent il a plus de peine à s'en séparer dans la cuve que lors qu'il fait avec elle un trajet plus court.

Il paraît certain que l'on avait fixé l'élévation des trompilles ou tuyaux aspiratoires à six mètres au-dessus des cuves, après avoir éprouvé qu'il y avait des refoulemens, lorsqu'ils étaient plus bas, qu'alors au lieu d'être aspiratoires, ils devenaient expiratoires et faisaient une fonction inverse, en jettant l'air et l'eau en même tems.

Au moyen d'un réservoir ces inconvéniens ne sont pas à craindre, quoique l'aspiration n'ait lieu qu'à deux mètres sept décimètres au-dessus de la cuve, elle se fait bien à cette hauteur et même beaucoup plus bas. J'ai ouvert moi-même des trous de tarière, à un demi mètre seulement de distance de la cuve, et l'air qui entrait éteignait une lampe aussitôt que je l'y présentais.

On voit donc que dans les trompes à réservoir on peut multiplier les ouvertures aspiratoires, augmenter par conséquent de beaucoup la quantité de l'air qui, n'ayant pas le tems de se mêler avec l'eau, s'en sépare promptement.

Digitized by Google

Pour la fonte des minérais de cuivre et de plomb, où il ne faut qu'un vent réglé et uniforme, les hautes trompes ordinaires suffisaient et pouvaient suffire: dans les forges catalanes on a besoin d'abord d'un vent faible, ensuite d'un vent moyen et à la fin d'un vent très-fort: c'est ce qui a fait sentir à d'autres ainsi qu'à moi la nécessité des trompes à réservoir, elles conviendraient infiniment pour la coupellation du plomb et le raffinage du cuivre, elles feraient cesser les engorgemens auxquels les fourneaux à manche sont sujets; à tous égards elles valent mieux que les autres. La chûte qu'elles exigent est moindre d'un quart, les prises d'eau peuvent être plus près, et les canaux ont beaucoup moins de longueur.

N.° 2.

Le foyer ou fourneau.

Le foyer est le centre de tout: c'est de là que sortent les produits d'une forge, c'est là que se fait le travail principal, que le combustible disparaît, que la mine se perd ou se convertit en métal, que se déploient l'art et l'industrie des ouvriers.

Il faut en assigner la place, en déterminer

Digitized by Google

le niveau et les dimensions et entrer dans les détails de sa construction.

Le fourneau s'établit entre les trompes et le marteau directement, en sorte que le milieu du marteau, le centre du foyer et le porte-vent se trouvent sur la même ligne: lors qu'il y a deux porte-vents, cette ligne passe au milieu d'eux.

Le niveau du foyer se prend par rapport à l'enclume et par rapport aux trompes: par rapport à l'enclume, la surface du foyer doit s'élever de seize centimètres au-dessus de la sienne, afin que le service se fasse facilement, et pour que ce qui sort du foyer, se rende plus commodément à l'enclume; il suffit de connaître en ce moment le niveau du fourneau relativement à ce point, il sera déterminé par rapport aux trompes dans le N.° suivant.

Il y a, comme nous avons vu, quatre mètres de distance entre les trompes et le marteau. Cet espace est divisé de manière qu'il y ait six décimètres et demi entre les trompes et le mur du foyer. Ce mur a quatre décimètres d'épaisseur, ensuite vient le foyer qui le joint, et dont il forme une paroi. Le reste est la distance de l'enclume au fourneau.

Les dimensions des foyers ne sont pas constantes, et par conséquent leur grandeur n'est

Digitized by Google

pas la même. L'on doit en distinguer trois espèces, le fourneau catalan, ou à la catalane proprement dit, le fourneau navarrais et le biscayen.

Le fourneau catalan, qui est en usage dans les pyrénées orientales et celles du centre, a cinquante-quatre centimètres de largeur et de longueur moyennes, sur quarante-trois centimètres un quart de profondeur en plein œuvre (1).

Le fourneau navarrais, que l'on emploie dans la Navarre française, aujourd'hui le département des Basses-Pyrénées, dans la Navarre espagnole et le Guipuscoa, a quatre-vingt centimètres de long, et soixante-trois centimètres de largeur, sa profondeur est de soixante-neuf centimètres.

Le fourneau biscayen, ou de Biscaye que l'on a adopté dans plusieurs forges de la Navarre, a cent-neuf centimètres de longueur, quatre-vingt-trois de large et soixante-et-douze de profondeur.

Ces fourneaux sont formés de quatre plans

(1) Dans les forges corses, les fourneaux ont ces dimensions. Voyez la description d'une de ces forges, deuxième partie, art. 7.

Digitized by Google

ou côtés qui ont chacun leur nom particulier. Le côté des trompes ou du vent s'appèle la varme; le côté opposé, le contrevent; celui de derrière, la rustine; et celui de devant le laitérol, vu que c'est par-là que s'écoule le laitier.

Dans l'idiome basque, que l'on parle dans une grande partie des Basses-Pyrénées, dans la Navarre, le Guipuscoa et la Biscaye, la varme se nomme *aïcia en aldea*; le contrevent, *ingudea en aldea*; la rustine, *guivelia*; le laitérol, *silara en aldea*.

La longueur d'un fourneau se prend du laitérol à la rustine, et la largeur, de la varme au contrevent.

Dans le fourneau catalan, la rustine et le contrevent inclinent en dehors, la première de huit centimètres, le second de quatorze: les autres côtés sont droits. Dans le fourneau navarrais et biscayen, quelquefois la varme seule est perpendiculaire, mais le plus souvent le contrevent et le laitérol sont seuls évasés, savoir; dans le navarrais, le laitérol, de trente-deux centimètres, le contrevent, de dix-neuf; dans le biscayen, le laitérol, de trente-huit centimètres et le contrevent de trois.

Le fourneau catalan forme un quarré. Le biscayen a la rustine et le contrevent un peu

Digitized by Google

arrondis : dans le fourneau navarrais, le contrevent forme un segment de cercle, avec une partie du laitérol et de la rustine.

La construction de ces fourneaux se fait avec les mêmes matériaux et à-peu-près de la même manière, il suffira par conséquent de parler en détail de celle du fourneau navarrais.

On détermine d'abord la hauteur de la surface du fourneau, au moyen d'un piquet qui s'élève comme il a été dit, de seize centimètres au-dessus du niveau de l'enclume.

On fait ensuite une excavation pour fonder le mur qui sépare les trompes du foyer, on l'élève jusqu'à soixante-neuf centimètres au-dessous du niveau du piquet; depuis ce point qui forme le fond du foyer, la partie du côté du mur qui regarde l'enclume et qui forme la varme, se fait avec des pièces de fonte ou de fer et se monte pleine de quarante centimètres: à cette hauteur et sur la ligne qui va de l'enclume au milieu des porte-vents, on laisse un ouvreau de cinq décimètres de haut sur autant de largeur, en ne bâtissant qu'à mimur ou demie épaisseur du côté du foyer dans toute sa longueur, jusqu'à deux décimètres au-dessus de sa hauteur. Ce mur qui, passé ce point, ne sert qu'à guider la flamme, n'a que trois mètres d'élévation et n'avance pas plus dans la forge que le fourneau.

Digitized by Google

Quand ce mur est fait, l'ouvrier établit la sole du fourneau qui est une pièce de fer de six à huit centimètres d'épaisseur, le foyer a soixante-quatre centimètres de longueur au fond, et cinquante trois de largeur (1), Il construit la rustine avec des plaques de fonte posées de champ qui joignent bien ensemble, tout l'espace de derrière jusqu'au mur de la forge est rempli avec du sable et de la terre.

Le contrevent est formé avec des bandes de fer plates qui s'enfoncent à côté de la sole et montent de manière qu'au milieu il inclinē en dehors de dix-neuf centimètres, tout l'intervalle qui reste entre ce côté du foyer et l'enclume est bien rempli, et l'enclume elle-même est enterrée jusqu'à sa surface.

Le laitérol est dégagé et reste élevé au-dessus du sol de la forge des deux tiers de sa hauteur

---

(1) On ne trouve pas facilement une pièce de fer de six à huit centimètres d'épaisseur, de soixante-quatre centimètres de long et de cinquante-cinq de large, mais on la fabrique et l'on se sert d'abord de pierres de grés réfractaire. Il y a beaucoup de forges où l'on n'emploie jamais autre chose. Mais ces soles de pierre ne sont pas de longue durée, et l'on perd beaucoup de tems à les changer.

Digitized by Google

ou de quarante-cinq centimètres (1), il est composé de trois pièces.

La première est une plaque de fonte de cinquante-quatre centimètres de large, de soixante-quatre de long et de cinq d'épaisseur (2). Elle est posée de champ au niveau du sol du fourneau sur des pierres de grés qui s'enfoncent plus bas de treize centimètres. En bas et à huit centimètres du contrevent elle a une entaille triangulaire de seize centimètres de haut, et de onze à sa base; à trente-deux centimètres de hauteur perpendiculaire au-dessus du fond, et à trente-sept de distance horizontale de la varme, elle a le trou du laitier de quatre centimètres de diamètre (3).

---

(1) Il est beaucoup d'usines où le sol est creusé devant le foyer et l'enclume; mais pour la salubrité et la commodité, il vaut beaucoup mieux qu'il soit horizontal, que le foyer et l'enclume s'élèvent au-dessus de lui et qu'ils soient garnis avec des terres de rapport contenues par une petite maçonnerie.

(2) Au lieu de cette plaque on peut emploier et l'on emploie souvent des bandes de fer que l'on met les unes sur les autres, et auxquelles on fait l'entaille de dessous et le trou du laitérol.

(3) Dans le fourneau biscayen qui n'a que trois centimètres de plus en profondeur; le trou du laitérol est également à trente-deux centimètres au-dessus du fond. il est à seize centimètres dans le fourneau catalan.

Digitized by Google

Cette pièce est fixée contre la varme et le contrevent par des barres de fer enfoncées dans la terre, et par un petit massif de maçonnerie à chacune de ses extrémités.

La seconde est une plaque de fonte de cinq centimètres d'épaisseur, de trente-deux de large et de soixante-quatre de long, mise à plat sur la première qui la porte du côté du foyer, en dehors elle repose sur une forte barre de fer placée sur les deux petits piliers qui fixent les deux extrémités de celle de dessous, d'autres barres de fer enfoncées dans la terre le long de ces piliers, l'empêchent de reculer.

La troisième est une platine de fer de dix-huit centimètres de large, posée de champ sur la seconde pièce, elle est mobile et s'enlève à volonté, elle a une queue qui descend sur le sol de la forge et sert à la fixer (1).

La largeur de la première et de la troisième pièce réunie à l'épaisseur de celle du milieu

---

(1) Dans le fourneau catalan le laitérol est formé d'une seule pièce ou de plusieurs bandes de fer fixes et il n'y a point de pièce mobile; il en est de même dans plusieurs fourneaux navarrais et biscayens; alors le laitérol est moins haut que les autres côtés, et n'a que soixante-un centimètres.

Digitized by Google

qui fait partie de la paroi, forment un total de soixante-dix-sept centimètres, mais comme elles inclinent ensemble de trente-deux centimètres, leur hauteur réelle se réduit à soixante-neuf.

En dehors du laitérol il y a ce qu'on appèle la cave. C'est un quarré long dont le sol est de treize centimètres plus bas que celui du creuset, il a vingt-neuf centimètres de large, trente-sept de long et autant de profondeur (1).

Les pierres qui supportent la première pièce du laitérol, et une partie de cette pièce, forment une de ses parois, les trois autres sont entièrement en pierre ainsi que le fond.

---

(1) Le fourneau catalan n'a point de cave. Comme sa hauteur n'est que de quarante-trois centimètres, il est entièrement hors de terre, et le laitier coule sur le sol de la forge, mais les fourneaux navarrais et biscayens ont besoin d'être enfoncés dans la terre de vingt-trois à vingt quatre centimètres, pour que les ouvriers puissent travailler commodément et employer leur force, ainsi le niveau du sol doit correspondre au tiers de leur hauteur.

Digitized by Google

N.° 3.

La tuyère.

L'instrument que l'on appelle tuyère (1), est un véritable tuyau, qui diffère principalement des tuyaux ordinaires en ce qu'une de ses ouvertures est très-grande relativement à l'autre.

Elle est de cuivre rouge bien pur et bien raffiné.

Dans plusieurs forges on la fait comme un cornet, dont les bords viennent l'un sur l'autre en se doublant, en sorte qu'on peut la resserrer à volonté; dans le plus grand nombre elle est soudée, et parfaitement unie, ce qui vaut beaucoup mieux pour qu'elle conserve ses dimensions.

La tuyère établit la communication entre les trompes ou les soufflets et le foyer; c'est par elle que le vent fourni par les uns agit dans

---

(1) Je donne le nom d'instrument à la tuyère considérée seule et en elle même. Lorsqu'elle est en place et coordonnée avec les autres parties d'une forge, elle est au nombre des artifices, ou des objets préparés et disposés pour produire eux mêmes tel ou tel effet.

Les outils d'une forge sont les instrumens qui n'agissent que par la main et la force immédiate des ouvriers.

Digitized by Google

l'autre. A cet effet elle reçoit les canons ou porte-vents.

Sa forme est différente suivant qu'il y a des soufflets ou des trompes à deux vents, ou simplement des trompes à un vent.

Lorsqu'il y a des soufflets ou des trompes à deux vents, elle représente la moitié d'un cone tronqué à base élliptique, appliquée sur une surface trapézoïdale. Avec une trompe ou des soufflets à un vent, c'est la moitié d'un cone tronqué à base circulaire appliquée de même sur un plan trapézoïdal, qui, dans les deux cas forme celui de la section faite sur la longueur du cone.

Cette longueur, qui fait celle de la tuyère, est de soixante-cinq centimètres.

Dans le premier cas, la grande ouverture forme une demie ellipse, et la petite, une ellipse, en arrondissant un peu l'extrémité du plan trapézoïdal. Dans le second cas, la grande ouverture est un demi cercle, et la petite, devient entièrement circulaire, au moyen de l'arrondissement complet du plan trapézoïdal à son extrémité.

La grande ouverture semi-élliptique, qui reçoit deux canons ne varie pas, elle a cinquante-six centimètres sur le grand axe, et vingt-quatre sur le petit.

Digitized by Google

Il en est de même de la grande ouverture demie circulaire qui reçoit un seul porte-vent; elle a trente-deux centimètres sur le diamètre, et seize sur le rayon.

Les dimensions de la petite ouverture varient suivant les fourneaux.

Dans le fourneau catalan elle a quarante-deux millimètres de Diamètre lorsqu'elle est ronde, et cinquante-six de large sur vingt-huit de haut, quand elle est ovale.

Dans le fourneau navarrais, son diamètre est de cinquante millimètres, lorsqu'elle est ronde; sa largeur est de soixante-six, et sa hauteur de trente-quatre, quand elle est ovale.

Dans le fourneau biscayen, elle a soixante-six millimètres de diamètre, lorsqu'elle est ronde, et quand elle est ovale, quatre-vingt de large, sur cinquante-deux de haut.

La tuyère se place dans l'ouvreau du mur qui sépare les trompes ou les soufflets du foyer. Son côté plat repose sur le sol de cet ouvreau, elle occupe le milieu de la largeur du creuset, prise sur le fond.

Elle entre de trente-deux centimètres et demi dans les fourneaux navarrais et biscayen. Sa saillie n'est que de seize centimètres dans le fourneau catalan.

Dans le biscayen, son extrémité inférieure,

Digitized by Google

est élevée de trente-huit centimètres au-dessus du fond du creuset, de trente-deux et demi dans le navarrais, et de vingt-quatre dans le catalan.

Les canons des trompes ou des soufflets avancent de cinquante-trois centimètres dans la tuyère sur sa longueur de soixante-cinq, et dépassent de vingt-un centimètres la varme des fourneaux navarrais et biscayen; les canons entrent de quarante-neuf centimètres dans la tuyère du fourneau catalan, et ne dépassent pas la varme ou le mur.

Le sol du fourneau catalan est de vingt-sept centimètres et un quart, au-dessous du niveau de l'enclume, celui du fourneau navarrais de cinquante-trois, et celui du biscayen de cinquante-six.

Dans le fourneau catalan, l'extrémité de la lévre inférieure de la tuyère est donc de trois centimètres un quart (1), au-dessous du niveau de l'enclume, de vingt et demi (2), dans le fourneau navarrais, et de dix-huit (3) dans le biscayen.

---

(1) 24 + 3 1|4 = 27 1|4. 27 1|4 + 16 = 43 1|4, profondeur du creuset.

(2) 20 1|2 + 32 1|2 = 53. 53 + 16 = 69, profondeur du creuset.

(3) 18 + 38 = 56. 56 + 16 = 72, profondeur du creuset.

Digitized by Google

La tuyère qui entre dans le fourneau catalan de seize centimètres, a neuf centimètres et demi d'inclinaison sur cette longueur, ainsi à la varme elle est de trente-trois et demi centimètres au-dessus du fond du creuset, et de six centimètres et un quart au-dessus du niveau de l'enclume (1).

Les porte-vents inclinent comme la tuyère, ont cent-trente centimètres de longueur, et arrivent jusqu'à la varme (2), donc aux trompes ils sont de quatre-vingt-deux centimètres un quart, au-dessus du niveau de l'enclume, à quoi il faut ajouter trente-deux centimètres pour la prise de l'air (3), et le diamètre des

---

(1) 33 1/2 + 16 — 6 1/4 = 43 1/4

cent.

(2) Les porte-vents ont de longueur 130

La distance horizontale des trompes à la varme n'est que de 105, savoir 65 des trompes au mur et 40 pour l'épaisseur du mur, ci 105

Ainsi il y a une différence de 25

Cette différence est celle que donne la projection horizontale d'une ligne de 130 centimètres inclinant de 19 par 32 et 1/2, il est des usines où l'inclinaison de la tuyère est plus forte; mais celle que j'indique est très-suffisante, comme on le verra ci-après.

(3) On ne prend le vent qu'à 11 centimètres au-dessous du couvercle des trompes.

Digitized by Google

tuyaux, donc les cuves doivent s'élever intérieurement au-dessus de l'enclume de cent-quatorze centimètres et un quart.

Dans le fourneau navarrais, où la tuyère entre de trente-deux centimètres et demi, elle incline de huit sur cette longueur, ainsi à la varme elle est de quarante centimètres et demi au-dessus du fond, et de douze centimètres et demi au-dessous du niveau de l'enclume.

Les porte-vents dépassent la varme de vingt centimètres, leur longueur, à partir de cette paroi, se trouve réduite à cent-neuf centimètres, et ils inclinent de huit sur trente-deux et demi, donc en arrivant aux trompes ils sont élevés de vingt centimètres moins douze et demi, c'est-à-dire de quatorze centimètres et demi au-dessus du niveau de l'enclume, à quoi, ajoutant également trente-deux centimètres pour la prise de l'air et le diamètre des tuyaux, il en résulte que les cuves s'élèvent dans œuvre au-dessus de l'enclume de quarante-six centimètres et demi (1).

(1) La longueur des porte-vents, à partir de la varme, se trouve réduite à 109 centimètres ci 109
La distance des trompes à la varme est de . . 105

Différence 4
Qui est celle que donne la projection horizontale d'une ligne de 109 centimètres inclinant de 8 sur trente-deux et demi.

Digitized by Google

Dans le fourneau biscayen, l'inclinaison et l'avancement de la tuyère et des porte-vents, étant les mêmes que dans le fourneau navarrais, la tuyère à la varme est de quarante-six centimètres au-dessus du fond, de dix centimètres au-dessous du niveau de l'enclume, et les cuves s'élèvent de quarante-neuf centimètres au-dessus de cette dernière.

Lorsque le niveau du sol du creuset est déterminé par rapport à l'enclume et par rapport aux trompes, que celles-ci sont établies, et qu'il ne s'agit plus que de placer la tuyère par rapport au foyer, et de son ajustement pendant le cours du travail, l'opération est simple.

Dans le fourneau catalan, on l'arrange de manière qu'elle avance de seize centimètres dans le foyer, qu'à cette saillie elle soit élevée de vingt-quatre centimètres au-dessus du fond, et qu'elle incline de sorte qu'elle porte le vent à l'angle formé par le contrevent et la sole.

Dans le fourneau navarrais, on la fait entrer de trente-deux centimètres et demi, son extrémité ou lévre inférieure s'élève de trente-deux centimètres et demi au-dessus du fond, et son inclinaison est telle qu'elle porte l'air de cinq à huit centimètres au-dessus de la sole.

Digitized by Google

Dans le fourneau biscayen, on lui donne une saillie de trente-deux centimètres et demi, on élève son extrémité de trente-huit centimètres au-dessus du fond, et elle porte l'air de quatre à six centimètres au-dessus de l'angle formé par la sole et le contrevent.

Quand la tuyère est fixée par rapport à sa saillie, sa hauteur, la direction du vent, et le milieu de la longueur du creuset prise au fond, on la consolide avec des plaques de fonte et de fer, qui garnissent tout l'intérieur de l'ouvreau et la demie épaisseur du mur: alors la varme est faite et le fourneau achevé, sa confection exige ordinairement le travail de trois ouvriers pendant une semaine.

OBSERVATIONS

Sur la disposition des artifices des usines.

Il est essentiel de bien arranger la tuyère, et c'est de sa position que dépend le succès des opérations. il y a dans chaque usine un forgeron nommé foyer et en basque sousteya, qui est spécialement chargé de la placer, de reconnaître son état et de l'ajuster. Il est rare qu'il se passe une semaine sans qu'il y ait quelque chose à faire; quoique l'on en dise,

Digitized by Google

une différence de quelques millimètres, et même de quelques centimètres dans sa direction, et son inclinaison n'est pas de la dernière importance, mais il est certain que le cercle des variations n'est pas grand.

La disposition des trompes relativement au foyer, et du foyer par rapport à l'enclume varie beaucoup. En général il est très-rare de voir deux forges organisées de la même manière, d'en trouver une, où tout soit bien coordonné, et l'on n'avait pas jusqu'à présent des données précises et détaillées pour en construire une régulière.

Peu importe sans doute par rapport à l'art, que les artifices soient placés parallèlement à la longueur, ou à la largeur des bâtimens d'une forge, que les trompes soient dehors ou dedans, qu'elles se trouvent dessous le même réservoir que les roues, ou sous un embranchement particulier; mais il ne faut pas calculer la force d'une trompe uniquement d'après la hauteur du réservoir, le nombre et la position des trompilles, les dimensions des tuyaux, la quantité d'eau qui y passe, et la grandeur de la cuve, il n'est pas indifférent, comme on a paru le croire jusqu'aujourd'hui, d'après ce que l'on observe dans les établissemens les mieux montés, de les placer à des profon-

Digitized by Google

deurs et à des distances souvent conséquentes des foyers, et d'en amener l'air par des conduits verticaux longs et anguleux.

1.° L'air est pésant, donc lorsqu'il s'élève en colonne son poids diminue sa vitesse et par conséquent sa force.

2.° L'air éprouve des frottemens considérables dans de longs tuyaux, et les frottemens diminuent également sa force, en diminuant sa vitesse.

3.° Un corps élastique qui frappe un corps dur à angle droit, ne continue pas sa route, et revient au contraire sur lui même; ainsi tous les tuyaux où il y a des brisemens à angle droit, occasionnent des refoulemens. Les angles aigus produisent à peu-près le même effet; dans le cas le plus favorable, il faut que l'air fasse un angle d'incidence de cent-cinquante degrés décimaux, pour qu'il y ait un angle de réflexion pareil, et comme une colonne d'air est composée de plusieurs petites colonnes qui ont chacune leur point de contact, il en résulte des croisemens, et par conséquent de chocs qui nuisent beaucoup au mouvement.

4.° J'ai éprouvé qu'une roue, qui, avec une quantité d'eau déterminée, faisait trente révolutions par minute, en donnant le mouvement à des soufflets dont les canons droits n'avaient

Digitized by Google

qu'un mètre de longueur, n'en faisait que douze avec la même quantité d'eau, lorsque les conduits eurent quatre mètres de longueur, et deux angles, dont l'un droit et l'autre obtus n'ayant pas 150 degrés.

J'ai vu une trompe, dont on prenait le vent de très-près, produire un grand effet, et ne donner qu'un souffle de vent, ou, pour parler plus juste, un vent très-faible, lorsqu'on y eut mis des tuyaux de dix mètres de longueur, où il y avait un changement de direction à angle droit.

Un anémomètre adapté à la cuve d'une trompe, indique bien la force de l'air dans la cuve même, mais cette force est très-souvent en raison inverse de celle de l'air par rapport au foyer.

On pourra dire qu'une trompe bien faite qui reçoit une certaine quantité d'eau, donnera toujours une certaine quantité d'air; un boulet de douze kilogrammes lancé par une pièce de canon, est toujours un boulet de douze kilogrammes; cependant il a d'abord beaucoup de force, ensuite moins, et bientôt pas du tout.

Il est des usines où le foyer, au lieu d'être sur le prolongement de la ligne, qui va de l'arbre de la roue à l'enclume, est placé à

Digitized by Google

angle droit; la distance de l'un à l'autre est alors de plusieurs mètres, et le service est gêné, plus long et plus pénible.

Souvent aussi les enclumes sont saillantes et sans remplissage à l'entour jusqu'au niveau de leur surface. Cet arrangement est très-vicieux, l'on n'a pas alors de point d'appui pour faire lévier, et il faut le double de tems et de force pour faire le travail.

Il est donc certain, et ce que j'ai dit, en parlant des réservoirs, l'a déjà prouvé, que la disposition des artifices augmente la force des usines, ou si l'on veut que la force des usines se compose de la proportion des artifices et de leur disposition. Voici les tableaux des dimensions des foyers, de la disposition de la tuyère, de la distance des trompes aux foyers, et des foyers à l'enclume, du niveau des foyers par rapport à l'enclume et aux trompes, de l'élévation de ces artifices et des autres ci-devant décrits, au-dessus du sol des usines et du courant principal.

Digitized by Google

I.er TABLEAU.

Dimensions des fourneaux catalan, navarrais et biscayen.

A, *Fourneau catalan.*

	cent.
1.° Profondeur	43 1/4
2.° Longueur, du laitérol à la rustine, au fond du creuset	50
A la surface, à raison de l'inclinaison de la rustine de 8 centimètres	58
3.° Largeur, de la varme au contrevent,	
Au fond du creuset	47
A la surface, à raison de l'inclinaison du contrevent de 14 centimètres	61

B, *Fourneau navarrais.*

1.° Profondeur	69
2.° Longueur,	
Au fond du creuset	64
A la surface, à raison de l'inclinaison du laitérol de 32 centimètres	96
3.° Longueur,	
Au fond du creuset	53
A la surface, à raison de l'inclinaison du contrevent de 19 centimètres	72

Digitized by Google

C, *Fourneau biscayen.*

	cent.
1.° Profondeur	72
2.° Longueur,	
Au fond du creuset	90
A la surface, à raison de l'inclinaison du laitérol de 38 centimètres	128
3.° Largeur,	
Au fond du creuset	81 1/2
A la surface	84 1/2

II. TABLEAU.

Disposition de la tuyère dans les fourneaux catalan, navarrais et biscayen.

A, *Fourneau catalan.*

	cent.
1.° Saillie dans le foyer	16
2.° Élévation au-dessus du fond,	
A l'extrémité de sa lévre inférieure	24
A la varme	33 1/2
3.° Inclinaison sur 16 centimètres de saillie	9 1/2

B, *Fourneau navarrais.*

1.° Saillie dans le foyer	32 1/2
2.° Hauteur au-dessus du fond,	
A l'extrémité de sa lévre inférieure	32 1/2
A la varme	40 1/2
3.° Inclinaison sur 32 et 1/2 centimètres	8

Digitized by Google

C, *Fourneau biscayen.*

	cent.
1.° Saillie, ...	32 1/2
2.° Hauteur au-dessus du fond,	
A l'extrémité de sa lévre inférieure	38
A la varme	46
3.° Inclinaison sur 32 1/2 centimètres	8

III. TABLEAU.

Distances des trompes aux foyers, et des foyers à l'enclume.

A, *Dans une forge catalane.*

	cent.
Des trompes au mur du foyer . . .	65
Épaisseur du mur	40
Des trompes au foyer, total . .	105
Largeur du foyer à la surface . . .	61
Du contrevent ou du foyer à l'enclume	234
Des trompes à l'enclume, total . .	400

B, *Dans une forge navarraise.*

Des trompes à la varme, ci-dessus .	105
Largeur du foyer à la superficie . .	72
Du contrevent ou du foyer à l'enclume	223
Des trompes à l'enclume, total . .	400

Digitized by Google

C, *Dans une forge biscayenne.*

	cent.
Des trompes à la varme	105
Largeur du foyer à la surface . . .	84 1/2
Du contrevent, ou du foyer à l'enclume	210 1/2
Des trompes à l'enclume, total . .	400 (*)

(*) La distance des trompes à l'enclume est de 400

Le manche du marteau a de longueur . . .	400
Le diamètre de l'arbre de la roue est de . .	50
Pour les supports et les traverses des tourillons, ci.	150
Total	1000
Du laitérol au mur qui est derrière la rustine, il y a ordinairement	200
Du laitérol au mur du devant de la forge, il suffirait d'avoir	300
Total	500

Ainsi un bâtiment de dix mètres de longueur et de cinq de largeur, pourrait recevoir une forge catalane; dont les trompes seraient en dehors.

Digitized by Google

IV TABLEAU.

Niveau des foyers par rapport à l'enclume et aux trompes, et des trompes par rapport à l'enclume et à la tuyère.

A, *Forge catalane.*

	cent.
1.° Niveau du foyer par rapport à l'enclume,	
Le fourneau s'élève au-dessus de la surface de l'enclume de	16
Il s'infonce plus bas qu'elle de .	27 1/4
2.° Niveau du foyer par rapport aux trompes.	
Élévation de la cuve au-dessus de la tuyère prise à la varme, à raison de la longueur des porte-vents de 130 centimètres, et de leur inclinaison de 19 par 32 et 1/2	76
Haussement pour la prise de l'air et le diamètre des tuyaux	32
Distance de la tuyère prise à la varme jusqu'au fond du creuset . . .	33 1/2
Élévation totale de la cuve, à partir de dessous son couvercle et non compris son épaisseur, au-dessus du fond du creuset	141 1/2

Digitized by Google

3.° Niveau de la cuve par rapport à l'enclume,

	cent.
Hauteur totale de la cuve au-dessus du fond du creuset. . . .	141 1/2
A soustraire les 27 1/4, dont le foyer s'enfonce de plus que l'enclume	27 1/4
Reste pour l'élévation de la cuve au-dessus du niveau de l'enclume .	114 1/4

4.° Niveau de la cuve par rapport à la tuyère.

Elévation de la cuve au-dessus de la tuyère prise à la varme . . .	76
A ajouter 9 et 1/2 pour son inclinaison	9 1/2
Elévation de la cuve au-dessus de l'extrémité inférieure de la tuyère .	85 1/2

B, *Forge navarraise.*

1.° Niveau du foyer par rapport à l'enclume,

Il s'élève au-dessus de la surface de l'enclume de	16
Il s'enfonce plus bas qu'elle de .	53

2.° Par rapport aux trompes,

Elévation de la cuve au-dessus de

Digitized by Google

	cent.
la tuyère prise à la varme, à raison de la longueur des porte-vents réduits à 109 centimètres à partir de ce point et de leur inclinaison de 8 par 32 et 1/2	27
Haussement pour la prise de l'air et le diamètre des tuyaux	32
Profondeur de la tuyère prise à la varme jusqu'au fond du creuset .	40 1/2
Elévation totale de la cuve au-dessus du fond du creuset . . .	99 1/2
3.° Niveau de la cuve par rapport à l'enclume,	
Hauteur totale de la cuve au-dessus du fond du creuset	99 1/2
A soustraire 53, dont le fourneau descend de plus que l'enclume, ci .	53
Reste pour l'élévation de la cuve au-dessus de l'enclume	46 1/2
4.° Elévation de la cuve par rapport à la tuyère,	
A la varme	27
A l'extrémité de sa lévre inférieure saillante de 32 et 1/2, sur lesquels elle incline de 8	35

Digitized by Google

C, *Forge biscayenne.*

1.° Niveau du foyer par rapport à l'enclume,

	cent.
Il s'éléve au-dessus de la surface de l'enclume de	16
Il s'enfonce plus bas qu'elle de .	56

2.° Par rapport aux trompes,

Elévation de la cuve au-dessus de la tuyère prise à la varme, à raison de la longueur des porte-vents et de leur inclinaison, comme dans la forge navarraise, ci	27
Haussement pour la prise de l'air et le diamètre des tuyaux . . .	32
Profondeur de la tuyère prise à la varme jusqu'au fond du creuset .	46
Elévation totale de la cuve au-dessus du fond du creuset	105

3.° Elévation de la cuve par rapport à l'enclume,

Hauteur totale de la cuve au-dessus du fond du creuset	105
A soustraire 56, dont le fourneau descend plus bas qu'elle	56
Reste pour l'élévation de la cuve au-dessus de l'enclume	49

Digitized by Google

4.° Élévation de la cuve par rapport à la tuyère, cent.

A la varme 27

A l'extrémité de sa lévre inférieure 35

V. TABLEAU.

Élévation du foyer, de l'enclume, de l'arbre de la roue, de la roue, de la cuve des trompes, des tuyaux de descente et du réservoir au-dessus du sol, ou du plan horizontal d'une forge pris à terre.

A, *Dans une forge catalane, proprement dite.*

1.° Élévation du creuset,	cent.	
Au fond	0	
A la surface (de toute sa hauteur	43 1/4	
2.° Élévation de l'enclume, la même que celle du creuset, moins seize .	27 1/4	
3.° De l'arbre de la roue sur le dessus, Il s'élève au-dessus de l'enclume de la moitié de son diamètre de 50 centimètres (§ I.er, N.° 2)	25 cent.	
Élévation de l'enclume à ajouter	27 1/4	
Total de l'élévation de l'arbre au-dessus du sol . .	52 1/4 ci	52 1/4

Digitized by Google

4.° De la roue,

Elle s'élève au-dessus de l'enclume, de son rayon qui est de 165 cent. (§ 1.er, N.° 2) ci . . . . . cent. 165

Elévation de l'enclume à ajouter . . . . . 27 1|4

Total de l'élévation de la roue au-dessus du sol . 192 1|4 ci cent. 192 1|4

5.° De la cuve des trompes, IV. tableau, A, N.° 2, 141 1|2 cent. (1), ci . . 141 1|2

6.° Des canaux perpendiculaires ou tuyaux de descente,

Leur hauteur à partir de l'intérieur de la cuve, est de 400 cent. (§ II, N.° 1.er) ci 400

A ajouter l'élévation de la cuve . . . . . 141 1|2

Total de l'élévation des conduits de descente à leur extrémité supérieure . . 541 1|2 ci 541 1|2

(1) Hauteur ordinaire des cuves . . . . . cent. 200.
A soustraire . . . . . 141 1|2.
Donc elles s'enfoncent dans la terre de . 58 1|2.

Digitized by Google

7.° Du réservoir,

	cent.		
Sa hauteur est de 230 centimètres (§ I.er, N.° 4), ci	230		
A ajouter l'élévation de la cuve et des conduits de descente, dont l'extrémité supérieure affleure le sol du réservoir	541	112	
Total de l'élévation du réservoir au-dessus du sol .	771	112	ci 771 112

B, *Dans une forge navarraise.*

1.° Elévation du creuset,

Sa profondeur totale, (I.er tableau, B) est de . .	69		
Enfoncement du tiers au-dessous du sol à soustraire, ci	23		
Reste pour son élévation au-dessus du sol . . .	46	ci	46

2.° Elévation de l'enclume,

Hauteur du forneau au-dessus du sol	46		

Digitized by Google

	cent.		cent.
Rapport .	46		
A soustraire 16 cent., dont le foyer s'élève de plus, ci .	16		
Reste pour l'élévation de l'enclume au-dessus du sol .	30	ci	30
3.° De l'arbre de la roue sur le dessus,			
Il s'élève au-dessus de l'enclume de son rayon, ci	25		
A ajouter l'élévation de l'enclume de	30		
Total de l'élévation de l'arbre au-dessus du sol .	55	ci	55
4.° De la roue,			
Elle s'élève au-dessus de l'enclume de son rayon .	165		
A ajouter l'élévation de l'enclume	30		
Total de l'élévation de la roue au-dessus du sol .	195	ci	195
5.° De la cuve des trompes,			
Hauteur de la cuve au-dessus du fond du creuset (IV.			

Digitized by Google

	cent.	cent.
tableau, B, N.° 2), 99 1[2, ci	99 1[2	
A soustraire 23 cent., dont le foyer s'enfonce au-dessous du sol, ci	23	
Reste pour l'élévation de la cuve au-dessus du sol .	76 1[2 ci	76 1[2 (1).
6.° Des tuyaux de descente, Leur hauteur est de .	400	
A ajouter l'élévation de la cuve	76 1[2	
Total de leur élévation au-dessus à leur extrémité supérieure	476 1[2 ci	476 1[2
7.° Du réservoir, Sa hauteur est de . .	230	
A ajouter l'élévation de la		

(1) Hauteur ordinaire des cuves . . . . . cent. 200
A soustraire. . . . . 76 1[2.

Donc dans les forges navarraises elles s'enfoncent dans la terre de . . . . . 123 1[2.

Digitized by Google

	cent.		cent.
Rapport .	230		
cuve et des tuyaux de descente	476	112	
Total de l'élévation du réservoir au-dessus du sol	706	112	ci 706 112

C, *forge biscayenne.*

1.° Elévation du creuset,

Sa profondeur totale (1.er tableau), est de . . .	72		
Enfoncement du tiers au-dessous du sol, à soustraire	24		
Reste pour son élévation au-dessus du sol	48	ci	48

2.° Elévation de l'enclume,

Hauteur du fourneau au-dessus du sol	48		
A soustraire 16 centimètr. que l'enclume a de moins	16		
Reste pour l'élévation de l'enclume au-dessus du sol.	32	ci	32

3.° De l'arbre de la roue sur le dessus,

Digitized by Google

	cent.		cent.
Il s'élève au-dessus de l'enclume de son rayon, ci .	25		
Elévation de l'enclume à ajouter	32		
Total de l'élévation de l'arbre au-dessus du sol .	57	ci	57

4.° De la roue,

Elle s'élève au-dessus de l'enclume de son rayon .	165		
A ajouter l'élévation de l'enclume	32		
Elévation de la roue au-dessus du sol	197	ci	197

5.° De la cuve des trompes,

Hauteur de la cuve au-dessus du fond du creuset . .	105		
A soustraire 24 dont le foyer s'enfonce au-dessous du sol	24		
Reste pour l'élévation de la cuve au-dessus du sol ·	81	ci	81 (1).

(1) La hauteur des cuves est de . . . . . cent. 200
A soustraire 81
Ainsi elles s'enfoncent dans la terre de . 119

Digitized by Google

	cent.		cent.
6.° Des tuyaux de descente,			
Leur hauteur totale est de	400		
Élévation de la cuve à ajouter	81		
Total de l'élévation des tuyaux au-dessus du sol .	481	ci	481
7.° Du réservoir,			
Sa hauteur est de . .	230		
A ajouter celle de la cuve et des tuyaux de descente	481		
Élévation du réservoir au-dessus du sol	711	ci	711

Digitized by Google

VI. TABLEAU.

Élévation comparée des artifices des forges catalanes, Navarraises et Biscayennes au-dessus du sol.

			cent.
1.° De l'enclume.	Forges	catalanes	27 1|4
		navarraises	30
		biscayennes	32
2.° Du foyer ou creuset.		catalanes	43 1|4
		navarraises	46
		biscayennes	48
3.° De l'arbre de la roue.		catalanes	52 1|4
		navarraises	55
		biscayennes	57
4.° De la roue.		catalanes	192 1|4
		navarraises	195
		biscayennes	197
5.° De la cuve.		catalanes	141 1|2
		navarraises	76 1|2
		biscayennes	81
6.° Des tuyaux de descente.		catalanes	541 1|2
		navarraises	476 1|2
		biscayennes	481
7.° Du réservoir.		catalanes	771 1|2
		navarraires	706 1|2
		biscayennes	711

Digitized by Google

VII. TABLEAU.

Élévation du sol de la forge au-dessus du sol de la cage des roues et du courant principal.

A, *Dans les forges catalanes.*

1.° Au-dessus de la cage des roues,		
La roue descend plus bas que l'enclume de son rayon qui est de	cent. 165	
A soustraire 27 1/4 cent., dont l'enclume s'élève au-dessus du sol de la forge, ci	27 1/4	
Enfoncement de la roue au-dessous du sol de la forge	137 3/4	
A ajouter 32 c.^{res} pour l'épaisseur du canal d'emboitement et la fuite de l'eau d'œuvre, ci	32	
Élévation du sol de l'usine au-dessus du sol de la cage des roues	169 3/4	cent. ci 169 3/4
2.° Au-dessus du courant principal, niveau des grosses eaux,		

Digitized by Google

	cent.		
Elévation du sol de l'usine au-dessus du sol de la cage des roues	169	3/4	
Pente du canal de décharge depuis les roues jusqu'à la rivière	32		
Elévation du sol de l'usine au-dessus de la rivière, niveau des grosses eaux .	201	3/4	ci 201 3/4

B, *Dans les forges navarraises.*

1.° Elévation au-dessus du sol de la cage des roues,			
La roue descend plus bas que l'enclume de . . .	165		
Elévation de l'enclume à soustraire	30		
Enfoncement de la roue au-dessous du sol de l'usine	135		
A ajouter pour le canal d'emboitement et la fuite de l'eau d'œuvre	32		
Elévation du sol de la forge au-dessus du sol de la cage des roues	167		ci 167

Digitized by Google

2.° Au-dessus du courant principal,

A ajouter aux 167 cent. ci-dessus, 32 centimètres pour la pente du canal de décharge jusqu'à la rivière, ce qui donne 199 cent., ci — cent. 199

C, *Dans les forges biscayennes.*

1.° Elévation du sol de l'usine au-dessus du sol de la cage des roues,

	cent.
Descente de la roue au-dessous de l'enclume . .	165
A soustraire 32 cent., dont l'enclume s'élève au-dessus du sol de la forge . .	32
Enfoncement de la roue au-dessous du sol de l'usine	133
A ajouter pour le canal d'emboitement et la fuite de l'eau d'œuvre	32
Total	165 ci 165

2.° Au-dessus du courant principal,

A ajouter aux 165 centimètres ci-dessus, 32 pour la

Digitized by Google

pente du canal de décharge jusqu'à la rivière, ce qui donne 197 (1), ci . . .	cent. 197

VIII. TABLEAU.

Chûtes totales nécessaires pour l'établissement des forges catalanes qui marchent avec des trompes.

A, *Chûtes pour les forges catalanes, proprement dites.*

Elévation du sol des usines au-dessus du courant principal, niveau des grosses eaux, (VII Tableau, A) .	cent. 201 3/4	
Elévation du réservoir au-dessus du sol des usines, (VI. Tableau, N.° 7, A)	771 1/2	
Total	973 1/4	973 1/4

(1) L'arbre de la roue descend plus bas que l'enclume, de son rayon qui est de 25
A quoi il faut ajouter pour les cames . . . 15
Pour l'épaisseur du manche du marteau équarri à son extrémité 24

Total 64
A soustraire l'élévation de l'enclume 32

Reste 32

Donc il faut creuser le sol dessous les cames de 32 centimètres dans les forges biscayennes, de 34 centimètres dans les forges navarraises et de 37 1/4 dans les forges catalanes.

Digitized by Google

B, *Pour les forges navarraises.*

	cent.	cent.
Elévation du sol des usines au-dessus du courant principal, (VII. Tableau, B.) . .	199	
Elévation du réservoir au-dessus du sol des usines navarraises, (VI, Tableau, N.° 7, B.)	706 112	
Total	905 112	905 112

C, *Forges biscayennes.*

Elévation du sol des usines au-dessus de la rivière, Niveau des grosses eaux, (VII. Tableau, C.) .	197	
Elévation du réservoir au-dessus du sol biscayen (VI, Tableau, N.° 7, C.) . .	711	
Total	908	908

Digitized by Google

IX. TABLEAU.

Chûtes nécessaires pour établir des usines catalanes qui marchent avec des soufflets.

A, *Usines catalanes, proprement dites.*

	cent.	cent.
Elévation de leur sol au-dessus du courant principal, (VII. Tableau, A)	201 3/4	
A ajouter le rayon supérieur de la roue	165	
Epaisseur des voûtes des réservoirs en pierre, ou des pièces et plateaux de ceux qui sont en bois	50	
Hauteur du réservoir .	230	
Total	646 3/4	646 3/4

B, *Usines navarraises.*

Elévation de leur sol au-dessus du courant principal, (VII. Tableau, B)	199
Rayon supérieur de la roue	165
Epaisseur des voûtes ou des	

Digitized by Google

	cent.	
Rapport .	364	
pièces de bois et plateaux des réservoirs	50	
Hauteur du réservoir .	230	
		cent.
Total	644	644

C, *Forges biscayennes.*

Elévation de leur sol au-dessus du courant principal (VII. Tableau, C')	197	
Rayon supérieur de la roue	166	
Epaisseur des voûtes ou des pièces de bois et plateaux des réservoirs . . .	50	
Hauteur des réservoirs	230	
Total 642 (1), ci . .	642	642

(1) Le diamètre de la roue du marteau est de 330 centimètres et son rayon de 165, comme il est porté. Le diamètre de la roue des soufflets est au plus de 265, et son rayon de 132 et 1/2, ainsi l'on a de la hauteur de reste, quand on fait agir les soufflets par une bascule, il en faut davantage quand la roue est élevée, et que la moitié du diamètre de son arbre est au-dessus de la queue des soufflets. Voyez le N.° suivant.

Digitized by Google

X. TABLEAU.

Différence des chûtes suivant que les usines marchent avec des trompes ou avec des soufflets.

	cent.
A, chûtes pour les forges catalanes,	
Avec des trompes, (VIII. Tableau)	973 3|4
Avec des soufflets, (IX. Tableau)	646 3|4
Différence	327
B, chûtes pour les forges navarraises,	
Avec des trompes	905 1|2
Avec des soufflets	644
Différence	261 1|2
C, chûtes pour les forges biscayennes,	
Avec des trompes	908
Avec des soufflets	642
Différence	266

Digitized by Google

N.° 4.

Des soufflets.

Après avoir discouru sur les trompes, il était naturel de parler des soufflets que l'on emploie au lieu d'elles; mais les premières étant l'instrument le plus simple et ne donnant lieu à aucun chommage, ainsi que je l'ai observé, avant d'entrer dans des détails relativement aux seconds, il fallait reconnaître s'il y avait quelque avantage à s'en servir.

D'après le tableau N.° X, on voit que pour une forge catalane qui marche avec des soufflets, il faut une chûte moindre de plus d'un tiers de celle qu'elle exige avec des trompes et qu'il y a une différence de près du tiers à l'égard des forges navarraises et biscayennes.

A cet avantage il faut en joindre deux autres, dont l'un est que pour faire mouvoir des soufflets, il faut moins de chûte que pour une trompe.

Le second est que la force des soufflets est moins limitée que celle des trompes; avec une pression donnée et un diamètre donné, celles-ci ne peuvent recevoir qu'une certaine quantité d'eau; avec un diamètre et une pression donnée, la roue des soufflets recevra plus ou

Digitized by Google

moins d'eau, à raison de la largeur des pales ou aubes.

Les soufflets en bois conviennent peu aux forges catalanes, à cause des frottemens et du réservoir où il demeure beaucoup d'air condensé. Les soufflets à pistons sont bons pour elles, mais il n'y faut pas de cylindre régulateur pour donner un vent toujours égal.

Les soufflets en cuir sont ceux que l'on emploie généralement. Ils ont de 228 à 260 centimètres de longueur, 54 centimètres de large à leur extrémité, 32 centimètres du côté de la base, et leur jeu ou levée est de 65 à 80 centimètres, ainsi leur largeur moyenne est de 43 centimètres et leur levée aussi moyenne de 32 à 40 centimètres.

Ces dimensions ne sont pas grandes, mais ces soufflets ont la faculté de se mouvoir rapidement, de fournir par cette raison beaucoup de vent lorsqu'il est nécessaire, et un vent d'autant plus fort qu'il a plus de vîtesse.

Les roues qui font mouvoir les soufflets agissent de deux manières différentes, et elles produisent directement l'expiration ou l'aspiration.

Il y a trois arrangemens ou dispositions pour leur faire opérer l'expiration, ou bien l'arbre de la roue est élevé de son rayon au-dessus de la levée des soufflets et porte des cames

Digitized by Google

arrondies qui agissent de haut en bas, ou bien l'arbre est au-dessous de la levée des soufflets, et porte des anses de fer qui en saisissent la queue, ou bien il est placé au-dessous des soufflets plus ou moins bas, et leur fait rendre le vent par des cames qui s'appliquent sur un étrier supporté par deux tringles de fer qui correspondent à la partie supérieure des soufflets, où elles sont fixées, et guidé par une pièce de bois placée parallèlement aux soufflets et qui se meut comme eux.

L'aspiration s'opère alors par des bascules, des contrepoids, ou des tiges de bois élastiques, saisies en deux endroits différents, par de fortes solives qui en font un levier du premier genre.

Lorsque la roue produit l'aspiration, son axe qui arrive seulement jusque dans l'intérieur de l'usine reçoit une manivelle qui fait agir un balancier placé au-dessus, portant deux segmens de cercle, dont le mouvement fait lever les soufflets l'un après l'autre au moyen d'une chaine de fer ou d'une pièce de bois où se trouve une longue mortoise dans laquelle leur queue est engagée.

L'expiration se fait dans ce cas par des poids mis sur le dessus des soufflets, garnis de rebords à cette fin.

Quand la roue fait rendre le vent, son dia-

Digitized by Google

mètre est de 260 centimètres et celui de l'arbre de 32 centimètres. La longueur des cames ou des anses est proportionnée à la levée des soufflets. Le nombre des cames ou des anses est de deux pour chacun; la roue porte des pales qui agissent à raison de la masse et de la vîtesse de l'eau et non des augets qui n'agissent qu'à raison de sa masse. Les pales qui font partie du diamètre de la roue, ont 40 centimètres de longueur, et 24 centimètres de largeur.

Lorsque la roue fait lever les soufflets, son diamètre est seulement de 162 centimètres, et celui de l'arbre de 21 centimètres; les pales ont 32 112 centimètres de long, et 16 centimètres de large.

Il y a deux raisons de ces différences; la première est qu'il y a deux expirations par chaque révolution de la roue qui les produit, et par conséquent la résistance est double; la seconde est que la roue fait non-seulement rendre le vent, mais encore lever les contrepoids ou plier les perches élastiques, auxquels est ensuite due l'aspiration.

Il n'y a qu'une expiration par révolution de la roue quand elle fait aspirer, mais son diamètre étant beaucoup plus petit, le mouvement central est plus rapide; elle n'a qu'à

Digitized by Google

lever les poids qui sont d'abord peu considérables et que l'on augmente seulement à mesure que l'on a besoin d'une expiration plus accélérée, ainsi la résistance étant moindre et ne se présentant pour chaque soufflet qu'une seule fois, la roue n'a pas besoin d'autant de force, ni de la même quantité d'eau.

Les soufflets sont faits avec beaucoup de soin, les cloux qui servent à fixer le cuir sont tous vissés et entrent dans des écroux enchassés dans le bois. De cette manière on peut les démonter sans rien endommager; on est dans l'usage de les huiler et nettoyer toutes les trois semaines ou au moins tous les mois. Ce qui occasionne de la dépense et fait perdre beaucoup de tems. On les paye très-cher, et les deux soufflets d'une forge coûtent ordinairement trois-mille francs.

OBSERVATIONS.

De la véritable dénomination des forges catalanes, de quelle manière il faut les établir, ou des moyens de les multiplier et d'en construire de fortes, suivant les lieux et les courans d'eau.

On voit à présent que le nom de forges catalanes est vague, et ne fait pas connaître

Digitized by Google

la nature de ces usines, que la dénomination qui leur convient, est celle d'usines propres à convertir directement le minérai en fer par une seule opération. que le mot catalanes n'indique qu'une espèce des forges où l'on extrait directement le fer du minérai, qu'il y en a trois espèces, les catalanes qui sont les plus petites, les navarraises qui sont les moyennes et les biscayennes qui sont les plus grandes.

On voit aussi maintenant qu'il y a trois manières d'établir chacune des trois espèces d'usines à extraire directement le fer du minérai, ou avec des trompes, ou avec des soufflets dont les roues produisent l'expiration, ou avec des soufflets dont les roues produisent l'aspiration.

On emploie et il convient d'employer l'une ou l'autre de ces trois manières, suivant les cas et les circonstances.

Lorsque l'on a beaucoup de chûte et un cours d'eau d'une certaine force (1), on fait des usines à trompes; elles sont seules en usage dans les Pyrénées orientales, les Hautes-Pyrénées et les petites usines de la Corse.

Comme je l'ai dit, elles n'ont besoin d'au-

(1) Voyez la deuxième partie, paragraphe II, art. 6.

Digitized by Google

une réparation non-seulement durant le cours d'une campagne, mais même pendant nombre d'années. On les préfère et l'on doit les préférer par cette raison, sur-tout dans les lieux où les usines sont rares et éloignées les unes des autres; où les ouvriers sont fixés, et par conséquent à charge durant les chommages.

Quand on a beaucoup d'eau et peu de chûte on fait des usines à soufflets où les roues produisent l'expiration et lèvent en même tems les bascules, les contrepoids, ou font plier les ressorts qui servent pour l'aspiration. La roue agit par des cames, des anses ou des étriers, suivant que la chûte est plus ou moins petite. On diminue même la roue des soufflets et du marteau, et on les réduit l'une et l'autre à 195 centimètres de diamètre, en augmentant la largeur des pales proportionnellement. Une chûte totale de cinq mètres, un et demi décimètres est alors suffisante. Enfin il est des cas où l'on n'a d'autre chûte que celle du réservoir, dont les eaux retenues par une vanne au lieu de frapper les pales latéralement sur le diamètre horizontal, agissent par dessous sur le diamètre vertical.

Dans les cas où l'on a peu de chûte et peu d'eau on emploie des soufflets où la roue produit l'aspiration. Elle est petite, mais

Digitized by Google

toute sa force s'applique à vaincre une seule résistance, et comme les poids qui la forment sont d'abord peu considérables, on ménage l'eau nécessaire pour la malléation.

Dans les provinces de la Navarre, du Guipuscoa et de la Biscaye en Espagne il n'est pas rare de trouver des usines à extraire directement le fer du minérai, établies de ces trois manières différentes, dans des vallées d'une modique étendue.

A la naissance des gorges et dans les petites collines où les ruisseaux sont faibles et divisés on voit des usines à soufflets, où l'aspiration est opérée par une petite roue; près des plaines où les ruisseaux sont réunis, et où l'on a encore beaucoup de pente, sont les forges à trompes; plus bas et dans les plaines même, où il y a moins de chûte et où les rivières sont fortes, on trouve les usines à soufflets, dont la roue opère l'expiration.

Les forges sont très-nombreuses et très-diversifiées dans ces provinces, ou plutôt elles n'y sont multipliées que parce qu'elles y sont diversement établies. Elles sont plus grandes que les catalanes et travaillent bien; tant il est vrai que la force des usines est composée de la proportion des artifices et de leur disposition.

Digitized by Google

N.° 5.

L'Air.

Quand on croyait que la métallisation avait lieu par addition, et que les matières inflammables fournissaient du phlogistique, dont la combinaison avec les terres ou principes métalliques produisait les métaux, on était réduit à dire que l'air ainsi que le vent des soufflets et des trompes excitait la combustion, et l'on était obligé de se contenter de cette explication absolument insignifiante, puisqu'au fond l'on ne peut comprendre comment l'air contribue à une chose à laquelle il ne prend aucune part.

A présent que l'on sait que la métallisation se fait par soustration, qu'une partie de l'air se combine avec une partie des principes du charbon, tandis que l'autre partie de ces mêmes principes enlève ce qui empêche les métaux d'être simples et de paraître dans leur état naturel, on conçoit facilement l'action de l'air et sa nécessité, mais a-t-on bien expliqué ses fonctions dans la métallurgie, avons nous même une énumération methodique et raisonnée des fourneaux qui sont employés?

Je mets l'air au nombre des artifices des usines, où l'on convertit directement les mi-

Digitized by Google

nérais ferrugineux en métal (1); il sera facile de prouver qu'il agit de cette manière, lorsque j'aurai décrit l'opération de la fonte (2).

---

(1) C'est ainsi que je nommerai désormais les forges connues incomplètement jusqu'ici sous le nom de catalanes.

(2) Deuxième partie, paragraphe II.

Digitized by Google

SECONDE PARTIE.

Travail des usines où l'on convertit directement les minerais ferrugineux en métal, improprement nommées jusqu'à présent forges catalanes.

Cette seconde partie sera divisée en cinq paragraphes; dans le premier on traitera de la préparation des minérais; dans le second, de la fusion, de l'extraction, malléation et étirage des massets; dans le troisième, des outils; dans le quatrième, du charbon; et dans le cinquième des ouvriers.

§ I.er

DE LA PRÉPARATION DES MINÉRAIS.

On prépare les minérais à la fusion par le grillage, la macération, le mélange et le cassage.

ARTICLE PREMIER.

De la nature des minérais que l'on employe et des grillages en général.

Des dix espèces de mines de fer reconnues par la minéralogie, la métallurgie n'en admet que trois dans les traitemens qu'elle fait dans les hauts

Digitized by Google

fourneaux à fonte, ou dans les petits fourneaux où s'opère la conversion directe des minérais en métal.

La première est le fer oxidé contenant deux variétés, dont l'une est la mine ferrée, *vena ferrata* des Italiens ou de l'île d'Elbe, ayant à-peu-près l'éclat et la dureté, mais non pas la compacité ni la cassure de la fonte blanche: l'autre est l'eisen-mann, lucciola de l'île d'Elbe, ayant l'eclat et la cassure, mais non pas la dureté de la fonte blanche. Sur cent parties elles donnent ensemble de 60 à 76 parties de métal (1).

La seconde espèce est le fer plus oxidé ou suroxidé, contenant les hématites, fer suroxidé hématite, l'eisen-ram et les sanguines, fer suroxidé rouge, les mines de fer limoneuses et en grains, fer suroxidé rubigineux (2). Sur

---

(1) On trouve à l'île d'Elbe des cristaux de mine de fer, nommés avec raison fer oligiste par le célèbre professeur Haüi; mais ils sont rares, comme le sont en général les cristaux dans toutes les mines, et ils se rencontrent dans des masses de mauvais minérai que l'on rebute et dont on bâtit les maisons.

(2) On voit que je diffère très-peu du sentiment de M. Haüi, que je mets simplement le fer oxidé à la place du fer oligiste et que je nomme fer suroxidé, ce qu'il appelle fer oxidé, or le fer oligiste est un

Digitized by Google

cent parties on en retire depuis dix jusqu'à 50 de métal.

La troisième est la mine de fer spathique, chaux carbonatée ferrifère de M. Haüi, donnant depuis vingt-cinq jusqu'à quarante parties de fer sur cent de minérai.

L'aimant ou fer oxidulé formerait une quatrième, et la meilleure espèce de minérai traitable, mais il est rare de le trouver en grands dépots, où il ne soit pas trop chargé de substances hétérogènes (1)

---

oxide ou plutôt une variété du fer oxidé peu abondante en métal. Les blocs qui fournissent les cristaux sont rebutés, et je me fonde sur la teneur de la mine ferrée et de l'eisen-mann amorphe ou en masse dont le produit en grand dans les usines du royaume de Naples était constamment de 60 pour cent de fer dans le tems que le gouvernement de ce pays avait le droit de choisir les minérais qu'il voulait, qu'il n'admettait dans ses chargemens que la mine ferrée, et le lucciola, et qu'il rejettait les hématites qui font ordinairement les deux tiers du minérai que l'on exploite à l'île d'Elbe.

Comme la mine ferrée et l'eisen-mann simplement oxidés ne se trouvent qu'en masse et à l'état amorphe, les amateurs des beaux echantillons en colligent peu, et l'on en trouve rarement dans les cabinets.

(1) Le fer sulfuré me paraît être l'espèce primitive, et d'après les nombreuses observations que j'ai faites et

Digitized by Google

On grillait, il y a peu d'années, tous les minérais que l'on traitait dans les petits fo-

---

les expériences en grand qui ont eu lieu sous mes yeux, je suis porté à croire que les autres mines de fer proviennent de sa décomposition et des mélanges, ainsi que des combinaisons qui la suivent.

Les mines de l'île d'Elbe réposent sur un terrain qui contient des bancs ou des amas de pyrites; il se trouve à nu dans une étendue conséquente par l'effet des exploitations qui ont eu lieu. Il s'y forme tous les étés, sur-tout dans les petits ravins, et les endroits taillés à pic d'abondantes efflorescences de fer sulfaté. Les eaux qui filtrent ou qui coulent, en dissolvent journellement une partie. Elles en sont si chargées dans les tems de sécheresse, que l'on ne peut les boire, et l'on en fait alors de fortes provisions que l'on porte à Livourne, où l'on y ajoute deux tiers d'eau commune.

Dans le tems des pluies toutes ces efflorescences sont lavées et entraînées, l'on ne trouve plus les pyrites que l'on avait remarquées et le sol est couvert d'oxide de fer.

J'ai plusieurs fois avivé les terrains et mis à nu des pyrites. Au bout de quelques jours, elles perdaient leur éclat, et se fendillaient; au bout de quelques semaines elles étaient chargées de petites lames de fer enveloppées d'efflorescences.

L'eau qui devient minérale à la surface des terrains exploités, sort dans cet état à travers des bancs de minérai pierreux, dans un endroit appellé Vigneria. On n'y voit point la décomposition des pyrites, mais la qua-

Digitized by Google

yers. L'hématite brune, compacte et cassante ne se grille pas aujourd'hui dans plusieurs forges des pyrénées. En Espagne on soumet au grillage les différentes variétés d'hématites, et en France toutes les mines de fer spathiques, ainsi que les mines noires terreuses.

ARTICLE DEUXIEME.

Des différentes manières de griller les minérais.

On grille les minérais à l'air libre ou dans des fourneaux. Le grillage à l'air libre se fait sur des aires; on établit une couche de bois proportionnée à la quantité de minérai, on l'arrange dessus en forme de cône applati: à l'entour de la couche on met de grosses pièces de bois, qui retiennent la mine et l'empêchent de rouler hors du grillage; quand cette opération est faite avec soin, et que le feu est bien conduit, la mine est fort bien grillée. Les

---

lité de l'eau prouve qu'elle a lieu sous la terre de la même manière que dessus. Ainsi les anciens n'avaient pas entièrement tort, lorsqu'ils s'imaginaient, comme observe M. Haüi, que le fer se reproduisait dans l'Ilva (ancien nom de l'île d'Elbe), à mesure qu'on l'extrayait, et Virgile, en l'appellant une île feconde en veines inépuisables d'acier, pouvait parler sans métaphore.

Digitized by Google

morceaux qui à la surface n'ont pas éprouvé un assez fort degré de chaleur, passent à un second feu. Cependant toute la masse est également torréfiée, lorsque l'on a du frasil ou menu charbon, et que l'on en couvre le grillage quand le bois est à-peu-près consumé.

Dans le grillage à l'air libre, la chaleur se dégage et s'échappe de tous les côtés; d'où il suit qu'en la concentrant on a besoin d'une moindre quantité de combustible. C'est d'après cela que l'on employe des fourneaux.

Ces fourneaux sont ouverts dans toute leur hauteur, ou séparés en deux parties horizontalement par des voûtes à ouvreaux.

Dans les premiers on fait les grillages en établissant une couche de bois, sur laquelle on met un peu de charbon, et ensuite une couche de minérai. Les couches de bois et de charbon se succèdent jusqu'à ce que le fourneau soit plein; le premier lit de bois a ordinairement six décimètres et demi d'épaisseur, et la couche de minérai est de trois décimètres et un quart d'épaisseur. La seconde couche de bois est moins forte, et la couche de minérai est la même. La troisième couche de bois et de minérai sont d'une épaisseur égale, et il en est de même des supérieures.

Digitized by Google

Les dimensions de ces fourneaux varient, mais ils ont rarement plus de deux mètres de diamètre à leur base, et plus de deux mètres, cinq centimètres à leur surface. Leur hauteur est de trois à quatre mètres.

Dans les fourneaux de grillage voûtés, la partie inférieure, qui occupe environ le quart de la hauteur, sert de chauffe, et la partie supérieure est toute remplie de minérai.

On fait le feu par une ouverture latérale, et on le pousse à volonté, c'est-à-dire jusqu'à ce que le grillage soit au point où on le désire.

Cette manière de griller est plus avantageuse par cela même que l'on est maître du feu, et parce que l'on n'y employe que des branchages ou du menu bois, tandis qu'autrement il faut de grosses buches qui sont plus chères, et qu'il faut souvent apporter d'assez loin.

De quelque manière que l'on grille la mine, il est nécessaire de placer les gros quartiers au fond du fourneau et de garder le menu pour le dessus. Si la mine est toute en petits morceaux, il faut moins charger, ou bien prévenir l'obstruction du fourneau, en y arrangeant quelques briques, ou de quartiers de pierre à chaux qui se trouve cuite sans qu'il en coute rien.

Digitized by Google

ARTICLE TROISIEME.

De la force des grillages.

La mine ferrée et l'eisen-mann, lucciola, auraient peu besoin d'être torréfiés hors du foyer de fusion, non plus que les bonnes hématites de l'île d'Elbe (1). Cependant un léger grillage de ces minérais est utile, pour rompre l'affinité d'aggrégation, et dissiper l'eau de cristallisation qu'ils contiennent, et c'est celui qu'ils subissent dans presque toute l'Italie avant même de passer dans les hauts fourneaux.

Il est difficile ou plutôt impossible d'alimenter les usines avec des minérais absolument purs. Ils sont toujours plus ou moins accompagnés de matières terreuses ou pierreuses de la nature des terrains ou des montagnes qui les fournissent. Ces substances étrangères sont ce que l'on appelle les gangues et l'on y fait beaucoup d'attention.

Le fer suroxidé hématite, le fer suroxidé rouge et la mine spathique se trouvent dans

(1) Je regarde la mine ferrée comme un produit particulier de l'île d'Elbe.

Digitized by Google

des montagnes de grès, de chiste, de chaux, où il se rencontre plus ou moins souvent de la magnésie.

L'hématite brune compacte et cassante que l'on fond sans aucun grillage, dans plusieurs forges des Pyrénées, sort des montagnes de calcaire gris : ainsi l'on a du carbonate calcaire en nature; et il agit de deux manières; la chaux, à mésure qu'elle se forme sert de fondant, et le carbone de l'acide qui se décompose se combine en partie avec le fer.

En Espagne on grille fortement les hématites que l'on extrait des montagnes calcaires de Somma-Rostro près Bilbao, et l'on retire d'autant plus de fer que le grillage a été plus fort, ce qui est naturel puisque l'on dissipe tout l'acide carbonique qui, d'après Bergmann est dans la proportion de trente-quatre pour cent dans la pierre calcaire.

Le fer que l'on fabrique en Espagne avec ces hématites fortement grillées est très-doux. Celui que l'on fait aux environs de Pau et d'Oleron avec les hématites non grillées, tirées des montagnes calcaires, est aciéreux, pailleux, dur et cassant. Le traitement de ces minérais crus ou non, est facile; mais si le grillage importe peu relativement au travail, il convient beaucoup pour la qualité du fer, et doit être très-fort.

Digitized by Google

Les hématites, le fer suroxidé rouge, et la mine spathique que l'on tire des montagnes de chiste ou de grès, doivent être grillés de manière que leur masse soit ouverte et se divise facilement; mais les morceaux ne doivent pas être chauffés au point d'être liquéfiés à la surface et agglutinés, comme en Espagne, les uns avec les autres.

ARTICLE QUATRIÈME.

De la macération.

On ne fait subir qu'un grillage aux minérais de fer, et il suffit pour dissiper l'eau de cristallisation, diviser les petites masses, et faciliter l'action du calorique; mais outre les parties de gangue, ils ne contiennent que trop fréquemment du souffre (1), de l'arsenic et du phosphore diversement combinés, qui se dégagent difficilement et lentement.

Ceux qui sont purs ou seulement mêlés avec

---

(1) La mine de fer spathique contient souvent du cuivre sulfuré qu'il faut avoir soin d'enlever, autrement il donne trop de chaleur au fer, et fait crever ou couler les massets.

Digitized by Google

quelques parties de gangue, peuvent être fondus après les avoir laissés refroidir pendant deux ou trois semaines. Les autres s'étendent sur des aires, en faisant des couches de trois à cinq décimètres d'épaisseur. On a soin de les arroser, et de les retourner de tems en tems; de cette manière le soufre se convertit en acide, et il se forme divers sels neutres métalliques ou terreux, qui sont ensuite dissous et entraînés par les pluies.

On laisse plus ou moins long tems le minérai en macération, ou en regraine, comme on dit en plusieurs endroits, suivant qu'il est nécessaire. Dans le Mont-blanc j'ai vu des forges qui ne le mettaient au fourneau qu'après qu'il avait été exposé à l'air, à la chaleur et à la pluie, pendant deux années.

ARTICLE CINQUIEME.

Du mélange des minérais et des fondans.

Les gangues terreuses et pierreuses qui accompagnent les minérais, en changent, ou tout au moins en altèrent la nature par rapport au traitement, et forment les variétés essentielles pour la métallurgie; ainsi l'on doit distinguer le fer suroxidé hématite, suivant qu'il tient

Digitized by Google

de la chaux, du quartz, de l'argile ou de la magnésie qui se trouve dans plusieurs montagnes et qui, étant soluble dans l'eau, est charriée dans les filons, dans les cavités souterraines et superficielles, où elle se mêle et se combine même avec plusieurs minéraux.

L'on doit faire de même à l'égard du fer suroxidé rouge et de la mine spathique (1).

A ces variétés métallurgiques principales, il faut en ajouter six du second ordre, quatre du troisième et une du quatrième, résultant du mélange ou de la présence de deux, trois ou quatre terres ou pierres dans les minérais (2).

Les terres primitives prises séparément sont infusibles, et ce n'est qu'en en mêlant plusieurs ensemble que l'on obtient une vitrification parfaite et facile.

On voit d'après cela combien il est impor-

---

(1) Je ne connais que deux variétés métallurgiques de la mine ferrée et de l'eisen-mann, ils sont purs ou mêlés de quartz. Cette pierre abonde tellement dans une partie de la mine ferrée et de l'eisen-mann de *terranera* et de *rio albano*, île d'Elbe, qu'ils sont rebutés et jettés à la mer.

(2) On ne connaît pas de mine de fer où la baryte serve de gangue.

Digitized by Google

tant de reconnaître la nature des terrains ou des montagnes d'où sortent les minérais.

Si l'on ajoute de l'argile à ceux qui en tiennent déjà, l'on ne fait qu'augmenter la quantité de la terre qui surabonde, et l'on a des engorgemens. J'ai acquis la preuve que le fer alors sert lui-même de fondant, que l'on en retire beaucoup moins et qu'il en passe avec le laitier.

L'hématite douce et tendre des montagnes calcaires de Somma-Rostro, où l'on trouve souvent des noyaux de spath calcaire, passant à l'état de mine spathique rougeatre, se traite avec de l'argile (1).

---

(1) Aux mines de cuivre d'Arlart, près Tolosa en Espagne, où les gangues sont calcaires et un peu siliceuses, on emploie aussi l'argile ou tuf argileux pour fondant. A baygorry, dans les Basses-Pyrénées, où les montagnes qui renferment les mines de cuivre sont de chiste, et les gangues quartzeuses, on la traite avec de la chaux.

Ainsi l'on change et l'on doit changer les fondans, suivant que les terres et les gangues qui accompagnent les mines sont différentes.

Les variétés métallurgiques que j'établis pour les minérais de fer, doivent donc avoir lieu pour les mines des autres métaux, mais le nombre de leurs espèces est bien plus grand.

Digitized by Google

Les ouvriers espagnols que je fis venir à la forge que j'établis en l'an huit à Baygorry dans les Basses-Pyrénées, voulurent d'abord se servir du même fondant qu'ils employaient chez eux; mais ils obtinrent peu de fer. Je savais que la mine spathique que nous fondions provenait d'une montagne de grès magnésien; le quartz s'y trouvait souvent disséminé

Les espèces des minérais de fer ne sont comme on l'a vu qu'au nombre de trois pour la métallurgie, et elle rejette des traitemens en grand tous ceux qui sont sulfurés ou alliés dans une proportion notable avec d'autres substances métalliques, excepté le manganèse combiné avec la mine de fer spathique, et sur-tout avec la plupart des hématites, qui, malgré cela, ne produisent pas le meilleur acier.

La métallurgie traite les autres métaux à l'état de sulfures, de sels, d'oxides et combinés ou mêlés entre eux. Ainsi elle reconnaît toutes les espèces et variétés minéralogiques; mais elle doit ajouter les variétés qui lui sont propres et qui résultent de la présence des différentes terres ou pierres. C'est particulièrement d'après elles, qu'elle doit régler ses traitemens, et cette science ne fera des progrès rapides, que lorsqu'elle aura adopté une méthode précise et raisonnée comme celle de la chimie et de la minéralogie. Le monde physique a changé depuis quelques années, le monde métallurgique qui influe si puissamment sur le monde politique doit changer avec lui.

Digitized by Google

en si grande quantité, que nous étions obligés d'en rebuter une grande partie (1). Les fon-

(1) Les chimistes ne sont pas d'accord sur la nature de la mine de fer spathique, fer carbonaté ou carbonate de fer. Suivant Bergmann elle contient 38 parties de chaux sur cent. Suivant M.r Collet Descotils, elle contient plus ou moins de magnésie, presque pas de chaux et quelquefois des fragmens de quartz. Journal des mines num. 105.

M.r Bucholz y a reconnu très-peu de chaux, d'autres y ont trouvé de la chaux et de la magnésie, et tantôt plus ou moins de l'une ou de l'autre substance. Même journal numéros 105, 109 et 111. Quant à moi, je pense que la mine de fer spathique est combinée ou mêlée avec la chaux, le quartz, la magnésie et même l'argile plus ou moins pure, suivant la nature des montagnes où elle se trouve, qu'elle se combine avec deux terres et se mêle avec deux autres, que sous ce point de vue elle offre deux variétés à la minérlogie et quatre à la métallurgie, savoir: les deux minéralogiques et les deux autres, où il y a simple mélange. La combinaison résultant de l'affinité ou de l'action réciproque du fer et des terres, il s'en suit que les variétés, où elle a lieu, méritent la plus grande attention.

Indépendamment du manganèse, le carbonate de fer contient quelquefois de la pyrite sulfureuse et arsénicale. M.r Duhar, propriétaire de la forge de Larrau, au-dessus de Manléon, croyait avoir découvert un beau gîte de ce minérai près de cette ville: il se réduisait bien au fourneau, mais il se mettait en pièces sous le

Digitized by Google

dans furent variés et préparés même à leur insu, et le travail ne se fit bien que lorsqu'on eut substitué à l'argile une terre franche qui contenait beaucoup de chaux (1).

L'expérience a prouvé depuis long-tems qu'il était utile de mêler les minérais pour avoir une fusion facile. Le fer est un et ne peut pas se servir à lui-même de fondant, ainsi le mélange des différentes gangues qui accompagnent les divers minérais, est ce qui influe sur l'opération.

ARTICLE SIXIÈME.

Du cassage.

Le minérai cru, grillé, macéré se casse en morceaux de la grosseur d'une noix. Le marteau, dont on se sert, est léger, et son poids n'excède pas un demi kilogramme ou une livre; l'on frappe doucement, plutôt du

---

marteau, il m'en envoya des échantillons dans lesquels je reconnus une multitude de petites pyrites, je les fis griller et ils répandirent l'odeur de l'ail.

(1) Le fer suroxidé rouge est ordinairement quartzo-argileux, aussi le traite-t-on généralement avec de la castine, c'est-à-dire avec de la chaux.

Digitized by Google

plât que de la tête, sur-tout quand le minérai est grillé, et l'on évite autant qu'on peut de l'écraser; quoique l'on fasse, il y en a toujours un peu qui tombe en poussière et l'on n'en profite pas: on emploie celui qui est en grenaille, mais on ne fait les charges qu'avec celui qui est en morceaux.

§. II.

DE LA FONTE, ET CE QUI Y A RAPPORT.

ARTICLE PREMIER.

De la Fonte.

Tout est préparé maintenant. Le minérai est refroidé et cassé, le fourneau est en état, la tuyère en place, le réservoir plein. La trompe ou les soufflets ne demandent qu'à agir, le marteau est levé et attend les massets; il faut donc faire du fer.

On commence par mettre au fond du creuset un panier de gros charbon que l'on allume, et qu'on laisse brûler tranquillement (1). On

(1) Si le charbon était menu il brûlerait seulement à la surface, vu que l'air ne s'introduirait pas facilement, et le sol du fourneau resterait froid et humide.

Digitized by Google

entretient ce feu pendant quatre à cinq heures, et on l'augmente en ajoutant du charbon, jusqu'à ce qu'il remplisse les deux tiers du foyer. Après ce tems il est suffisamment chaud et desséché (1).

On remue le charbon, qui doit être partout bien ardent, et l'on brise les gros morceaux, on l'arrange avec une spatule en le poussant et l'amoncelant un peu du côté de la tuyère, qu'il couvre entièrement en inclinant dans le même sens qu'elle, c'est-à-dire vers le contrevent.

Dans cet état le charbon allumé a d'épaisseur, savoir : au contrevent 32 centimètres, au-dessus de l'orifice de la tuyère 43, et 65 à la varme (2). Lorsqu'il est ainsi arrangé, le fondeur le tasse en frappant dessus avec le dos d'une pelle de fer.

Les paniers qui contiennent la charge de minérai sont apportés et posés sur l'âtre du con-

---

(1) Il est fait, comme on a vu, avec des plaques de fonte et des barres de fer.

(2) Cette description s'applique au fourneau moyen, ou navarrais. Dans le catalan, le lit de charbon inférieur n'a que 21 centimètres d'épaisseur, et il n'est pas allumé, ce qui retarde l'opération.

Digitized by Google

trevent: on verse doucement la mine de ce côté, pendant que le fondeur tient la pelle droite au-dessus et un peu en avant de la tuyère pour empêcher qu'il dépasse la ligne de son orifice. Il le tasse fortement, et le dispose de manière qu'il incline du côté de la varme, c'est-à-dire en sens contraire du charbon allumé, il ne l'étend pas également tout le long du contrevent, il l'arrondit au contraire de manière qu'il ne s'étende en largeur qu'au milieu du fourneau, et que les angles du contrevent qui joignent la rustine et le laitérol soient libres et dégagés (1). Toute la charge n'entre pas à-la-fois dans le fourneau, et il en reste à-peu-près le quart sur le contrevent. Le minérai étant ainsi disposé, on remplit le fourneau de charbon jusqu'à ce qu'il soit comble.

Le côté de la rustine est droit, et le laitérol est incliné. Cette inclinaison est nécessaire pour la main d'œuvre; mais comme elle augmente la surface du fourneau, elle occasionnerait une plus forte consommation de char-

(1) Dans plusieurs forges, on dispose le minérai quarrément, au moyen d'une planche qui va du laitérol à la rustine; mais cela n'est pas fort convenable, attendu que la fonte a lieu principalement devant la tuyère.

Digitized by Google

bon. Pour obvier à cet inconvénient, on remplit cette partie avec du frasil, que l'on presse et que l'on mouille souvent.

On ferme avec de la terre ou avec du menu frasil l'ouverture triangulaire qui communique du foyer à la cave. On serre bien ce menu charbon fortement arrosé, qui s'élève en pente jusqu'au laitérol. Tout cela est fait en trois minutes, et l'on procède à la fonte en donnant le vent.

Il est faible pendant la première demie heure. Le fondeur arrose souvent le charbon supérieur pour concentrer la chaleur et éviter qu'il se consume inutilement: il le ramène sans cesse et l'amoncèle au milieu du fourneau. Il passe fréquemment son ringard dessus, dessous, devant la tuyère pour qu'elle reste dégagée, et que rien ne s'y attache: il sonde le fond du creuset pour reconnaître le fer qui se forme, et voir s'il y a du laitier qui se fige contre l'instrument qui en apporte avec lui.

Le premier fer provient ordinairement de la fusion de la mine en grenaille que l'on jette séparément et par intervalle sur le charbon qui se trouve au-dessus de l'orifice de la tuyère, et par-là même qu'elle est menue, elle se fond de suite, pendant que la grosse s'échauffe et se prépare.

Digitized by Google

A mesure que le charbon baisse et se consume on en met de nouveau, et le fourneau est comble jusqu'à ce qu'il ne reste plus de mine sur le contrevent.

On la fait entrer peu-à-peu en la poussant avec un rable et en la faisant avancer vers la tuyère, à mesure que celle qui est dans le fourneau s'affaisse et se fond; elle se dilate, s'agglutine au-dessus du vent, mais elle n'éprouve un fort degré de chaleur qu'au moment où elle passe devant lui.

On l'augmente peu-à-peu en donnant plus d'eau à la trompe ou à la roue des soufflets; au bout de deux heures il a toute sa force.

Le travail se conduit alors avec soin et activité. L'attention de l'ouvrier se porte continuellement sur quatre objets, la mine, le masset, la tuyère et le laitier.

Jusqu'ici le fondeur ne faisait que soulever doucement le minérai pour l'ouvrir et l'attirer vers la tuyère; à présent qu'il y en a assez de fondu pour qu'il soit tout contenu dans le fourneau, le ringard qui est applati à son extrémité s'enfonce entre le contrevent et lui, à chaque instant il est divisé, brisé, poussé et ramené au-dessus du vent.

En passant devant la tuyère le minérai se dépouille d'une bonne partie des terres qui se

Digitized by Google

vitrifient, surnagent à cause de leur légéreté, et se ramassent dans le vide qui se fait sans cesse à l'orifice de la tuyère, où la combustion du charbon est très-rapide. Le fer impur, liquide ou pateux (1), tombe sans cesse au fond du creuset, on dégage la partie inférieure du contrevent, en poussant la matière au milieu du foyer et en introduisant du charbon à sa place. Le fer tombé sous le vent direct n'éprouve plus un si fort degré de chaleur; l'oxigène qu'il contient, se combine et se dissipe avec le carbon; les substances terreuses et pierreuses qui restaient et qui adhéraient le plus, se vitrifient avec les cendres du charbon et par leur moyen. L'ouvrier plonge son ringard, pèse sur le métal pour le réunir et chasser le laitier; il le passe de tous les côtés du foyer, excepté la varme, en allant de la circonférence au centre.

Pour ne pas être incommodé par la chaleur il arrose abondamment toute la surface du creuset au point d'abattre presqu'entièrement la flamme.

Il a l'œil sur la tuyère dès le commencement de l'opération; mais au bout d'une heure

(1) Voyez l'article trois ci après.

Digitized by Google

et d'une heure et demie qu'il y a déjà quantité de matière fondue, que la mine est échauffée, que la fonte se fait rapidement, il s'en occupe d'une manière particulière; que l'on considère qu'elle est au même niveau que le trou du laitérol (1); que le laitier monte, se présente devant son orifice, et s'élève au-dessus de lui, que le vent dans sa direction doit le traverser, percer le charbon et la mine; que dans son action indirecte ou réfléchie il se rabat sur le masset, l'entoure, le perfore et parcourt tout le foyer. L'ouvrier donc qui rassemble, qui soulève, qui avance la mine en un instant, qui sonde aussi rapidement la matière fondue, agit le long des parois du foyer, introduit le charbon, soulève le masset, passe derrière le fourneau, regarde la tuyère, reconnait si le vent fait bien ses fonctions, détache avec une curette les parties de laitier qui se sont introduites ou attachées à ses bords.

Le laitier, qui est d'abord peu abondant,

(1) Dans le fourneau catalan, la tuyère est de 8 centimètres au-dessus du niveau du laitérol. Elle est d'après cela moins sujette à s'engorger. Cependant le laitier qui ne coule qu'autant qu'il a de la pente, s'élève jusqu'à elle et au-dessus d'elle, et le travail est à-peu-près le même.

Digitized by Google

et qui d'ailleurs a de l'espace pour s'étendre, s'élève peu, et l'on n'ouvre le laitérol que tous les quarts d'heure; on le perce ensuite de cinq minutes en cinq minutes, lorsqu'au bout de deux heures on a mis tout le vent, et que la mine fond vîte et en quantité. Il y a deux indices naturels qui guident en ce point. On regarde par la tuyère si le laitier se présente à grands flots devant elle, s'il fait effort pour y entrer; on examine la flamme, qui de rouge et noirâtre qu'elle était, est devenue d'un blanc jaunâtre. Dans l'un et l'autre cas il convient de percer; la flamme change et reprend sa couleur, la tuyère se dégage, l'ouvrier détache ce qui pourrait s'être figé, soit au-dessus, soit au-dessous d'elle.

Il examine le laitier avec attention; est-il épais ou liquide, blanc ou rougeatre en sortant du fourneau? est-il cassant, leger, vitreux, poreux et blanchâtre, ou noir, solide et pesant lorsqu'il est refroidi?

Si le laitier est trop épais il coule peu, ou ne coule pas du tout. La flamme reste jaune et le vent ne fait pas ses fonctions comme il faut. L'ouvrier passe à la tuyère, plonge la curette à plusieurs reprises dans le fourneau, et revenant au laitérol il fait couler le laitier

Digitized by Google

autant qu'il peut, en débouchant fréquemment le passage qui va jusqu'à la tuyère.

Mais il travaille sur-tout à en changer la nature et à le rendre liquide: pour cela il ouvre et écarte un peu le charbon qui est au-dessus de l'orifice de la tuyère et jette en cet endroit ou plutôt répand une ou deux poignées du fondant que l'on a reconnu propre au minerai; il ramène le charbon allumé, en charge du nouveau qu'il accumule toujours contre la varme; mais le fondant ne se met que sur le devant de la tuyère (1).

Si le laitier est trop liquide, coule trop fort ou trop long-tems, le masset qui doit toujours en être couvert, pourrait être desséché ou mis à nu, et il y aurait du fer de brûlé, alors on bouche le laitérol en tout ou en partie, et l'on ne jette pas de fondant.

Lorsque toute la mine est fondue, ce qui arrive après trois heures, trois heures et un quart de travail, le fondeur n'a guère plus qu'à

(1) On ne mêle jamais les fondans avec le minérai, on les emploie en petite quantité, vu que le laitier fait, sert aussitôt de fondant lui-même, ce qui n'a lieu et ne peut avoir lieu que dans les petits foyers, puisqu'ils sont les seuls où la matière fondue se trouve sur celle qui est à fondre, et souvent l'on ne fait aucune addition.

Digitized by Google

soigner le masset; il pèse souvent sur lui avec le ringard, perce le charbon en différens endroits pour faire tomber les parties de métal qui pourraient y être suspendues, et le presse fortement par les côtés.

Comme il ne se forme que peu de laitier vers la fin de l'opération, il n'en fait pas couler sur-tout pendant le dernier quart d'heure, quoiqu'il soit un peu abondant. Au bout de quatre heures, lorsqu'il a ramassé et ramené devant la tuyère tout ce qui aurait pu s'en écarter, lorsqu'avec le ringard il trouve partout en bon état le masset qui lui résiste (1), il fait signe de la main, l'on ferme la bonde de la trompe ou des soufflets, et la fonte est finie.

On sort à l'instant du fourneau le charbon qui y restait, on le pousse avec célérité sur l'âtre de la rustine par le moyen de deux rables dont l'un porte un manche court et agit dans le foyer, l'autre a un long manche et travaille sur la rustine: pendant ce tems on jette de l'eau en abondance, soit dans le creuset, soit sur le charbon.

---

(1) Le fer qui compose le masset a une chaleur blanche; il est mou dans cet état, mais il résiste, ne se laisse pas aisément pénétrer, et on le reconnaît toujours facilement.

Digitized by Google

Lorsqu'on est arrivé au masset et qu'il est découvert, on enfonce à coups de masse un ringard applati à son extrémité, entre lui et le laitérol; on tire ce ringard pour en mettre un plus fort et sur-tout plus long; on donne quelques secousses et le masset est détaché; on le soulève de biais, on le sort de dessous la tuyère, en le poussant contre le contrevent; on le dresse, on le lève plus haut et de suite on le renverse pour laisser échapper le laitier qui était dessus; on le met hors du fourneau avec une tenaille et un ringard crochu, et on le pousse sous le marteau (1).

Le fondeur se porte à la chaine qui fait lever la bonde de la roue (2), pendant que le martelleur ou maillet se saisit du masset; on le bat d'abord à plât en laissant tomber lentement le marteau dessus lui; on le tourne circulairement pour qu'il soit frappé sur toute sa surface, et que tout le laitier soit exprimé. Lorsqu'il est comprimé, il faut rabattre ses

---

(1) Le sol du creuset catalan étant à fleur de terre, on détache le masset avec un ringard que l'on fait entrer horizontalement par le trou inférieur.

(2) Le masset le mieux fait se briserait sous le marteau, si l'eau n'était pas donnée comme il faut, et c'est pour cela que le fondeur même s'empare de la bonde.

Digitized by Google

bords, et faire entrer les parties peu adhérentes: à cet effet on lève le marteau, on met le masset de champ sous le manche, et c'est avec lui qu'on le bat tout à l'entour (1); on le ramène sur l'enclume, on l'applatit, on le coupe en deux au moyen d'un gros ciseau, sur lequel le marteau frappe avec vîtesse; on arrondit ensuite, et l'on allonge un peu les deux moitiés l'une après l'autre.

Pendant ce tems et dès le moment que l'extraction du masset est opérée, un ouvrier est au fourneau; il brise le frasil qui formait la cave, le laitier fluide s'y précipite, celui qui s'est durci, qui s'est attaché au sol du foyer ou aux parois est détaché et jetté dehors.

Aussitôt que le fourneau est nettoyé, on y fait retomber le charbon embrasé que l'on avait sorti, jusqu'à ce qu'il le remplisse comme avant la fonte; on place les deux moitiés du masset devant la tuyère et au-dessus d'elle, on jette un panier de charbon et l'on donne un peu de vent.

---

(1) Autrefois et même à présent, dans plusieurs forges on bat les massets avec des spatules de bois pour faire entrer les bavures et chasser le laitier; mais on perd du tems, le masset se refroidit et l'on brûle inutilement du charbon pour le rechauffer.

Digitized by Google

On laisse chauffer et macérer les deux moitiés du masset pendant un quart d'heure, on les enlève l'une après l'autre, en prenant d'abord celle qui est plus près de la tuyère, on les porte sous le marteau, on les bat sur toutes leurs surfaces et l'on étire une de leurs extrémités.

Pendant ce tems on a mis une nouvelle charge de minérai dans le fourneau. Au-dessus de la tuyère, entr'elle et le laitérol, et du côté de la varme, on place dans le charbon une partie du masset et ensuite l'autre, une forte tenaille les saisit par l'extrémité étirée, et les tient suspendues en faisant contrepoids; on les chauffe, on les retourne, on les étire, on les coupe en encrenées et l'on poursuit le travail comme je l'ai décrit.

La charge de minérai est communement de 150 à 200 kilogrammes (1), dans le fourneau catalan, de 250 à 300, dans le fourneau navarrais, de 350 à 400 dans le foyer biscayen. Le produit en fer est de 50, 60, 70 kilogrammes dans le premier, de 85 à 110 dans le second, de 130 à 150 dans le troisième (2).

---

(1) On sait qu'un kilogramme pèse un peu plus de deux livres, poids de marc.

Il s'agit ici des minérais des Pyrénées, dont les meilleurs ne donnent qu'environ un tiers en métal.

(2) Il est très-rare que les massets ayent un poids

Digitized by Google

Une fonte, comme on l'a vu, dure ordinairement quatre heures, en sorte que dans 24 on fait six et quelques fois même sept massets, il ne faut pas plus de tems dans un fourneau que dans l'autre, et souvent même on fait un plus grand nombre de feux dans les grands que dans les petits.

ARTICLE DEUXIEME.

Observations.

Sur la manière dont le vent agit dans les foyers où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal.

On a vu que le minérai se place sur le charbon au-dessus du vent; il s'étend d'abord en pointe jusqu'au près de la tuyère, mais bientôt il se retire à cause de son inclinaison, en sorte qu'entr'elle et lui il y a toujours un espace occupé par le charbon, qui d'ailleurs remplit tout le fond du creuset, la varme, le laitérol et la rustine: ainsi la première mine

---

égal, par la raison que la mine a tantôt plus et tantôt moins de gangue, que la fonte se fait plus ou moins bien; ce qui n'est pas complètement réduit, se détache sous le marteau, et s'ajoute à la charge suivante.

Digitized by Google

est fondue par le calorique résultant de la combustion du charbon qui est au-dessous d'elle; mais à mesure qu'il se consume, que le minérai descend par conséquent, et qu'il se retrecit par la même, la fusion est opérée principalement par le calorique provenant de la combustion du charbon placé entre lui et la tuyère. Le vent qui n'agit d'abord que sur du charbon qui est devant lui, est faible et doit l'être. Lorsqu'il lui faut opérer la combustion du charbon, et porter le calorique à travers le minérai, il doit devenir plus fort; cependant la matière fondue qui tombe au fond du creuset se refroidirait, et les matières étrangères ne se scorifiéraient pas, si au fond même il n'y avait du calorique dégagé; le fer ne s'y désoxiderait pas s'il n'y avait point de combustion ou de combinaison du carbone avec l'oxigène. Le vent qui n'avait qu'à produire la combustion du charbon placé devant la tuyère, et à porter le calorique dans le minérai, doit donc avoir la force de frapper le contrevent, d'agir sur les matières fondues qu'il retrouve dessous la tuyère, de fournir à la combustion et d'entretenir le mouvement et l'activité dans tout le fourneau (1); mais bientôt les matières

(1) L'air qui reste en nature, les gaz qui se forment

Digitized by Google

vitrifiées se présentent devant la tuyère et s'élèvent au-dessus d'elle, alors il lui faut traverser d'une part le laitier, le charbon, le minérai, de l'autre la matière fondue, les cendres, les scories inférieures qu'elles forment avec les gangues et les fondans, procurer le dégagement de plus de carbone qu'il n'en absorbe, et faire circuler partout le calorique.

On voit d'après cela que j'ai eu raison de mettre l'air au nombre des artifices, qu'il remplit deux fonctions bien distinctes, celle d'agent chimique et celle d'agent physique ou d'instrument matériel, qu'en sa première qualité il produit le calorique en se décomposant en partie avec le carbone; qu'en sa seconde qualité il s'introduit, circule et charrie le calorique nécessaire pour la fusion du minérai, la vitrification des terres et des cendres et la désoxidation du fer, ou la combinaison de son oxigène avec le carbone, mais il est aussi fort essentiel d'observer qu'il fond le minérai par incidence et qu'il purifie le masset par réflexion (1).

---

et les matières volatiles montent le long de la varme, de chaque côté de la tuyère. Le dessous où ils agissent et se divisent, doit être fort, autrement il est bientôt corrodé et perforé.

(1) Dans le fourneau catalan où l'inclinaison de la

Digitized by Google

ARTICLE TROISIÈME.

De la fusion pateuse et de la fusion liquide.

Pour suivre le travail qui se fait dans le creuset, il faut bien distinguer les opérations qui y ont lieu. Elle sont au nombre de trois ou de deux, de trois lorsque la mine est crue, et de deux lorsqu'elle a été grillée antécédemment.

La mine, comme on l'a vu, se place sur le charbon au-dessus du vent. Celui-ci est d'abord faible et on le maintient ainsi quelque tems pour que la mine crue se grille, que l'eau de cristallisation se vaporise, que l'affinité d'aggrégation soit rompue, et que les petites masses s'ouvrent, se fendillent et deviennent poreuses.

Aussitôt que la mine de dessous est ainsi grillée, ou qu'elle est chauffée, lorsqu'elle a été grillée précédemment, la désoxidation commence; elle est produite par le charbon en contact, par ses molécules que le vent détache

---

tuyère est beaucoup plus forte que dans les fourneaux navarrais et biscayen, le vent qui frappe directement à l'angle du contrevent et du sol, se relève plus vîte, mais aussi la largeur de ce foyer est plus petite.

Digitized by Google

et transporte, par la potasse des cendres et surtout par l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau qui passe avec l'air ou qui a servi à arroser le charbon.

La mine étant dépouillée d'une bonne partie de son oxigène est à-peu-près à l'état de fer terreux; elle descend et passe ainsi devant la tuyère, où elle éprouve un fort degré de chaleur qui liquéfie les parties hétérogènes, tandis que la fusion du métal est seulement pateuse (1).

Mais il arrive souvent qu'il y a mélange intime ou combinaison chimique d'une terre avec la matière métallique; alors il n'y a qu'un commencement de désoxidation au-dessus du vent; en passant devant la tuyère la mine éprouve une fusion liquide par la même qu'elle est encore oxidée, parce qu'elle trouve le laitier déjà formé et enfin par le moyen des cendres et des fondans que l'on ajoute, en sorte que le fer n'est entièrement désoxidé et purifié que sous le vent direct, ou autrement par le vent réfléchi. Tel est en général le procédé que l'on emploie dans les forges espagnoles des Pyrénées.

(1) Le vent étant augmenté et le fourneau étant partout plus chaud, le grillage ou chauffage du minérai s'opère dans la partie supérieure de la charge, la partie moyenne se désoxide ou s'apprête à la fusion, et la partie inférieure se purifie et se dégage des terres.

Digitized by Google

occidentales, où l'opération de la fonte est très-rapide, où l'on fabrique beaucoup de fer, et du fer de très bonne qualité (1), de cette manière l'on fait en quatre heures de tems et même moins ce qu'autrement on n'exécute qu'en six heures, et le double objet de la métallurgie qui est le dégagement de l'oxigène, et la scorification ou vitrification des terres est mieux rempli.

Dans les affineries mêmes on a deux manières bien différentes de convertir la fonte ou gueuse en métal; beaucoup d'ouvriers se contentent de lui donner une chaleur blanche, de la dilater, de la rendre molle et spongieuse, de la retourner et de présenter ses diverses faces au feu; d'autres plus habiles, mais en petit nombre, la réduisent en pate claire et même liquide, la laissent figer sous le vent, la relèvent, y enfoncent leur ringard, la roulent rapidement à plusieurs reprises, fondent tous les grumeaux ensemble, donnent au lieu de loupes de véritables massets et fabriquent beaucoup plus de fer (2).

On pensait autrefois que tout le minérai se

(1) Il est même un peu trop mou. Le fer de Baygorry est excellent, il est dur et nerveux comme celui de Suède et on l'estime autant que lui.

(2) J'ai eu des ouvriers qui traitaient ainsi la gueuse

Digitized by Google

réduirait en laitier, si au lieu d'une fusion pateuse, on lui faisait éprouver une fusion liquide dans les petits foyers, ceci prouve uniquement que l'on ignorait au moins en grande partie l'art d'y fabriquer le fer.

Dans les petits foyers comme dans les hauts fourneaux où la fonte se sépare au moin d'une grande partie des terres et se précipite au fond du bassin, dans les hauts fourneaux, dis-je, comme dans les petits foyers, le minérai fondu est au-dessous du trou du laitérol, ainsi le fer ne peut s'élèver jusqu'à lui; d'ailleurs les creusets des petites forges sont pleins de charbon tassé qui ne se consume pas vîte, sur-tout contre le laitérol qui est à l'abri du vent, enfin l'on n'ouvre point un passage horizontal au laitier, et l'on perce en montant jusqu'au-dessus de l'extrémité de la tuyère.

La fonte reste liquide et ne change pas d'état dans les hauts fourneaux, parce que l'air ne circule plus dans l'intérieur de sa masse, parce qu'elle n'est plus dans le charbon ou mêlée avec le charbon; mais dans les petits foyers

---

et j'ai travaillé moi-même avec eux. (La description de cette opération est à la suite de ce traité) On voit d'après cela que la manière anglaise de faire le fer au moyen d'une fusion liquide n'est pas aussi inconnue, ni aussi neuve en France et en Espagne qu'on le croit.

Digitized by Google

l'air après avoir fondu le minérai qui ne s'est pas désoxidé ou réduit au-dessus de la tuyère, atteint encore la fonte qui se forme peu-à-peu, partout et dans toutes ses parties, elle est partout avec le charbon que l'on renouvelle à mésure qu'il se consume, elle se sépare des terres et se désoxide continuellement. A mesure qu'il s'en forme, il se forme du fer, elle n'est jamais en abondance, devient pateuse au fond du creuset où elle n'est plus exposée qu'à un vent répércuté, plus large et plus divisé, et où elle n'arrive qu'après s'être dépouillée de la majeure partie des terres devant la tuyère; le fer lui-même dès qu'il est pur cesse d'être liquide et prend de la consistance.

En un mot dans les petits foyers on grille, ou l'on peut griller le minérai au-dessus de la tuyère, on le désoxide de même à-peu-près entièrement lorsqu'il n'est pas intimement combiné avec les terres; on vitrifie celles-ci devant la tuyère, ou bien et presque toujours dans les usines qui sont bien conduites, on opère la désoxidation et la vitrification partie au-dessus, partie au-dessous de la tuyère, et ce travail est sans doute un des plus intéressans de la métallurgie (1).

(1) Les ouvriers qui fabriquent le fer au moyen d'une

Digitized by Google

ARTICLE QUATRIÈME.

Comparaison du fondage dans les petits foyers à fer aux autres fondages (1).

L'objet de cette comparaison est de faire connaître la différence du fondage dans les forges à convertir directement les minérais ferrugineux en métal aux autres fondages, pour que l'on puisse mieux les apprétier et se rendre raison de leur construction et de leur travail.

Dans les hauts fourneaux et les fourneaux à manche, le minérai et les fondans sont mêlés, chargés ensemble, et en même tems, ainsi que le charbon. Dans les foyers à fer le minérai est chargé séparément et le charbon se met à mesure de besoin; il en est de même des fondans. Si dans les grandes forges, ou dans

---

fusion liquide, s'amusent à produire une détonation qu'ils appèlent la détonation de l'eau et qui est celle du gaz inflammable extemporané. Voici comment elle a lieu; ils tirent rapidement du foyer le ringard chargé d'une petite pelotte de fer; ils la passent sur quelques goutes d'eau, à l'instant elle est décomposée et le gaz enflammé.

(1) Je nomme petits foyers à fer les fourneaux catalan, navarrais et biscayen, par opposition aux autres fourneaux qui sont en général beaucoup plus grands.

Digitized by Google

les fonderies de cuivre et de plomb, la proportion du minérai, du charbon, ou des fondans est trop forte ou trop faible, la fonte va mal, ou bien elle va trop vîte; les fourneaux s'engorgent, ou bien le charbon est brûlé en pure perte: il n'y a pas moyen d'y remédier, et la charge quelque considérable qu'elle soit, doit passer telle qu'elle est toute entière. Dans les petits foyers, on met les fondans et le charbon, quand on veut, comme on veut, et l'ouvrier est à chaque instant et continuellement le maître de son travail.

Dans les fourneaux à manche, la matière liquéfiée s'écoule sans cesse au déhors et le vent n'a plus d'action sur elle; on la retient dans les hauts fourneaux, jusqu'à ce qu'il y en ait une certaine quantité, mais c'est principalement pour l'empêcher de se refroidir, et l'air ne pénètre plus dans son intérieur.

Dans les uns et les autres de ces fourneaux, les bassins de réception extérieurs ou intérieurs sont placés et disposés de manière que la matière fondue est toujours au-dessous du niveau de la tuyère, qu'elle ne s'élève pas jusqu'à elle et ne l'enveloppe jamais: elle est toujours libre et dégagée, et le vent s'introduit sans cesse avec facilité.

Dans les forges où l'on convertit directement

Digitized by Google

les minérais en fer, la tuyère est la plus part du tems plongée dans la matière fondue, qui se présente, s'agite sans cesse devant son orifice, en faisant effort pour y entrer. L'ouvrier même pousse la mine vers elle, et par conséquent le charbon et le laitier peuvent la remplir.

Dans les fourneaux à manche et les hauts fourneaux l'ouvrier ne pense qu'à se débarrasser des matières fondues; il les perd sans cesse de vue, et ne considère que celles qui n'ont pas éprouvé la fusion.

Dans les foyers à fer la mine fondue reste dans le fourneau et l'on ne donne issue qu'aux laitiers surabondans. Le vent agit sur le minérai et sur la fonte, il a à traverser le laitier, le charbon, le minérai et la masse de fer poreuse; ainsi il est nécessaire qu'il ait de la force; il faut donc un réservoir au-dessus des trompes, ou des roues des soufflets; il est essentiel que ces roues portent des pales ou des aubes et non des augets, afin qu'elles agissent non-seulement d'après la masse, mais la vîtesse de l'eau.

Un vent fort et un grand vent ne sont pas la même chose. La force résultant de la masse et de la vîtesse, un courant d'air qui a de l'étendue comme deux et une vîtesse aussi comme deux, est égal en force à celui dont la

Digitized by Google

masse est comme quatre, et la vîtesse comme un. Il faut moins de vent dans les petits foyers à fer que dans les hauts fourneaux, où l'on a à désoxider et à liquéfier de grandes masses, mais dans les hauts fourneaux et les fourneaux à manche, où la tuyère est toujours libre et dégagée, où il y a du vide entre la matière à fondre et la matière fondue, où l'air passe et circule facilement à travers le charbon et le minérai qui composent la charge, il faut un vent moins fort que dans les petits foyers, où tout est plein, et où il y a tant d'obstacles; on voit d'après cela s'il est important et nécessaire que l'ouverture de la tuyère soit proportionnée à la quantité du vent, si les trompes ou les soufflets doivent être près du fourneau ou de la tuyère, et agir avec rapidité.

On voit aussi d'après cela que les réservoirs sont nécessaires non-seulement pour empêcher l'air de rétrograder, et pour avoir un mouvement plus ou moins fort et accéléré, mais encore et principalement pour économiser l'eau. La pression lui donnant beaucoup de vîtesse, on en consomme beaucoup moins que si elle n'agissait que d'après le poids de sa masse (1).

(1) Voyez ci-après l'article 6.

Digitized by Google

En apparence, rien de plus semblable aux petits foyers où l'on convertit les minérais en fer, que les renardières où l'on traite la fonte, et au fond rien de plus différent. Dans les premiers la tuyère incline beaucoup, et dans les secondes son inclinaison est presque nulle, dans les premiers le fer se fabrique sous le vent ou avec le vent réfléchi, et dans les secondes dessus ou devant la tuyère.

Dans les fourneaux de Réverbère le minérai est à une certaine distance du combustible, qui produit le calorique; il y a un vide conséquent, où le calorique circule et s'introduit parce que l'air est raréfié; et l'air est raréfié, en partie consommé et mis en mouvement parce qu'il y a combustion et que l'équilibre est rompu.

Il résulte de cette comparaison que le fondage aux petits foyers diffère des autres fondages, 1.° en ce que la tuyère plonge dans la matière liquide pendant une grande partie de l'opération; 2.° en ce que le vent a une double action, savoir: une directe et une réfléchie; 3.° en ce que le vent travaille toujours dans le plein; 4.° en ce qu'il part d'un point plus élevé que la matière fondante et la matière fondue; 5.° en ce que le laitier qui s'élève au-dessus de ces matières, tant à cause de sa légéreté que parce qu'il trouve

Digitized by Google

peu de vide, facilite lui-même l'opération qui l'a produit, vu que l'on en laisse toujours et que l'on ne fait écouler que celui qui surabonde, en sorte qu'il sert de fondant aussitôt qu'il est formé et qu'il cesse d'être matière à fondre.

ARTICLE CINQUIEME.

Du rang que les petits foyers à fer doivent tenir parmi les autres fourneaux.

Les trois agens principaux de la métallurgie sont l'air, le calorique et le charbon ou le bois en nature, et les fourneaux qu'elle emploie sont les vaisseaux où ils produisent leurs effets.

Comme elle n'obtient de combustion et de calorique, que par le moyen de l'air, celui-ci devait jouer un grand rôle, et c'est d'après cela que l'on a divisé les fourneaux en deux classes, les uns à courant d'air naturel, et les autres à courant d'air artificiel.

Cette distinction est bonne sans doute, mais il faut convenir qu'elle ne donne aucune idée des fonctions de l'air, ni des effets qu'il produit, on ne les connaissait pas, il est vrai, dans le tems qu'elle fut faite; mais aujourd'hui c'est d'après ces fonctions et ces effets qu'il

Digitized by Google

conviendrait de classer les fourneaux; de cette manière on verrait à quoi il sont propres et quelles opérations on pourrait y exécuter.

Dans les uns, l'air est uniquement ou presque uniquement agent chimique, et opère premièrement et sans effort la combustion du bois ou du charbon qui donne lieu au dégagement du calorique.

Dans d'autres, il est agent chimique et physique en même tems, ou plutôt il n'est agent chimique que parce qu'il a la force de s'introduire, et de vaincre, comme agent physique, les obstacles qui s'opposent à ce qu'il produise la combustion du bois, du charbon, de la houille, du soufre et par conséquent l'expansion du calorique qui liquéfie, vitrifie, volatilise et réduit en vapeur.

Dans d'autres enfin, il est d'un côté agent chimique seulement; et de l'autre agent physico-chimique, en sorte qu'il produit séparément la combustion du bois ou du charbon et celle des métaux.

Or dans ces fourneaux, l'air pourrait être agent physico-chimique sous un double rapport.

Je pense donc qu'il serait à propos de diviser les fourneaux en quatre classes.

Digitized by Google

PREMIÈRE CLASSE.

Fourneaux où l'air est uniquement ou principalement agent chimique.

Ces fourneaux qui portent le nom de réverbère, et qui auraient dû avoir celui de fourneaux à dilatation, puisque la flamme n'y est que peu ou point répercutée, que c'est à la dilatation de l'air, qui occupe la plus grande partie de sa capacité, toujours vide de minérais, qu'est due la circulation, s'emploient de trois manières.

Ou ils servent simplement à liquéfier, c'est-à-dire à dissoudre par le calorique provenant de la combustion qui s'y opère, des matières auxquelles on veut seulement donner une nouvelle forme, ou bien ce calorique sert à échauffer, à torréfier, à désoufrer des minérais, et à échauffer des oxides métalliques, dont on opère la réduction en les mettant en contact avec du charbon; ou bien encore il est employé à dissoudre des matières carbonnées et terreuses, qui sont de suite purifiées, décarbonées et converties par ce moyen en fer malléable.

M.r Bonnard, ingénieur des mines, auteur de l'intéressant mémoire sur les forges anglaises, imprimé dans le N.° 100 du journal des mines,

Digitized by Google

pense contre l'opinion commune, que la flamme et l'air qui passent de la chauffe des fourneaux de réverbère, dans leur intérieur produisent plutôt la désoxidation que l'oxidation: outre que la révivification des litharges et la réduction des minérais de plomb, sont contraires à son avis, puisque la litharge se fond en verre, et le minérai en matte, tant qu'il n'y a pas addition particulière de charbon mêlé et mis en contact immédiat, indépendamment du combustible employé dans la chauffe, l'exemple qu'il rapporte semble prouver contre son assertion. Les fontes dont il parle étant très-carbonnées, ne sont pas dépouillées d'oxigène dans le fourneau mais de carbone. Cette opération est simple et naturelle, et il me paraît très-probable que les anglais fabriquent l'acier fondu avec de la fonte déjà carbonnée dont ils vitrifient les parties hétérogènes en la couvrant avec un peu de charbon.

Digitized by Google

II. CLASSE.

Fourneaux où l'air est agent chimique et artifice, c'est-à dire où il s'introduit non par l'effet de la dilatation ou de la raréfaction ; mais par sa propre force.

Les hauts fourneaux, les fourneaux à manche, les affineries ou renardières, le fourneau écossais, et d'une manière particulière les petits foyers où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal, appartiennent à cette classe; ce qui distingue les foyers à fer de tous les autres, c'est qu'il n'y a aucun vide, et que le métal s'y purifie et s'y forme dessous la tuyère par l'effet de la réflexion du vent.

Je pense qu'au moyen de quelques modifications ils pourraient servir à fondre les minérais de cuivre et de plomb.

D'après ce qui se passe dans les fourneaux de réverbère où la litharge et les minéraux torréfiès ne se réduisent point au courant de la flamme et de l'air qui viennent de la chauffe, mais seulement par l'addition immédiate du charbon que l'on jette sur eux séparément, l'on voit qu'il y a également deux combustions distinctes de la même substance dans les fourneaux de la seconde classe, savoir de la plus

Digitized by Google

grande partie du charbon par l'oxigène de l'air agent chimique et physique, et d'une autre partie du même charbon, par l'oxigène des minérais en contact avec lui.

III. CLASSE.

Fourneaux mixtes, ou qui sont en même tems à dilatation et à courant d'air forcé.

Fourneaux de coupelle et de raffinage du cuivre en plusieurs endroits.

Dans les fourneaux de la seconde classe, le charbon de bois ou de houille est brûlé par l'oxigène de l'air, et par celui des minérais, ainsi on pourrait leur donner le nom de fourneaux à double combustion carbonique.

Dans les fourneaux mixtes il y a tantôt liquéfaction d'une masse métallisée impure, et vitrification ou scorification des parties hétérogènes; tantôt il y a liquéfaction de deux métaux alliés et oxidation de l'un d'eux; ainsi ils doivent se diviser en fourneaux mixtes à combustion lignique ou carbonique, et en fourneaux à combustion lignique ou carbonique, et à combustion métallique.

Digitized by Google

IV. CLASSE.

Fourneaux à double courant d'air forcé, dont l'un produit la combustion lignique ou carbonique, et l'autre la combustion métallique.

Ces fourneaux ne sont encore établis nulle part, mais il est certain que l'on pourrait opérer la combustion du bois ou du charbon par un courant d'air forcé, et l'oxidation du métal par un semblable courant. Il me paraît même que si l'on employait un courant d'air forcé dans les fourneaux de réverbère simples, ils produiraient beaucoup plus d'effet, et sur-tout un effet plus constant, puisque les variations de l'atmosphère n'auraient qu'une faible influence.

L'invention des fourneaux à courant d'air par dilation, est certainement belle et importante, puisqu'au milieu des plaines arides, et sur la cime des montagnes, sans chute et sans eau, l'on obtient une très-forte combustion et un dégagement de calorique considérable, mais au moyen d'un courant d'air forcé, la combustion y serait beaucoup plus vive, et d'ailleurs on n'aurait pas besoin de construire de hautes cheminées pour rompre davantage l'équilibre.

Digitized by Google

ARTICLE SIXIÈME.

Des dimensions intérieures des trompes, et de la force des soufflets, pour les différens fourneaux à fer; résumé sur ces deux artifices et l'effet de la pression de l'eau.

J'ai reconnu qu'une ouverture de treize centimètres de diamètre, sur laquelle il y avait un réservoir de pression de 230 centimètres de haut, et d'une largeur égale dont elle occupait le milieu, débitait toute l'eau que fournissait un canal dont le profil plein, resultant de la largeur et de la profondeur du courant donnait 95 décimètres quarrés de surface, et où elle parcourait 110 décimètres par minute avec une pente de cinq centimètres par cent mètres de longueur.

Ainsi la coupe du canal offrant une surface perpendiculaire comme 95, et une vîtesse comme 110, donnait par minute 10,450 décimètres cubes d'eau, qui passaient en même tems par une ouverture de 13 centimètres de diamètre.

Or une ouverture de 13 centimètres de diamètre, est à une surface de 95 décimètres quarrés, comme 127 est à 9500, ou comme 1 est à 75. Ainsi la vîtesse de l'eau qui est de 110 décimètres dans le canal, est 75 fois

Digitized by Google

plus forte dans l'ouverture par où elle tombe perpendiculairement, ou autrement comme 110: 110 X 75 = 8250.

Ainsi en supposant qu'un décimètre cube d'eau acquiert de la force comme deux, en parcourant dans un canal, 110 décimètres par minute, il en acquerra comme 150, en passant dans une ouverture, où sa vîtesse à raison de la pression sera 75 fois plus grande, ainsi les réservoirs de pression sont nécessaires pour augmenter la force de l'eau, sur-tout et par conséquent pour l'économiser puisqu'un mètre cube d'eau peut produire l'effet de 75, ainsi il faut moins de grandes rivières que des artifices bien proportionnés et bien disposés (1).

En fondant au fourneau navarrais avec une trompe, qui a un réservoir de pression de 230 centimètres de haut, et de plus un entonnoir

(1) Dans les Alpes, le ci-devant Piémont, pays de Gênes, ainsi que dans la Corse et l'Etrurie, les usines n'ont pas de réservoir de pression au-dessus des trompes et des roues; aussi peut-on dire qu'il n'y a pas une bonne forge au moins à la catalane: on ne peut trop se hâter d'adopter les réservoirs de pression non-seulement dans les usines à fer, mais dans tous les établissemens minéralurgiques où l'on veut économiser l'eau et avoir un grand effet, moyennant une disposition convenable.

Digitized by Google

de 130, une chute de 400 centimètres, l'entonnoir compris, un goulet de 13 centimètres de diamètre, quatre trompilles de 64 centimètres quarrés de vuide intérieur, avec un tuyau de 21 centimètres de diamètre, et qui est disposée, comme il a été dit, elle fournit assez de vent, ou plutôt un vent assez fort, en absorbant cinq mètres, 137 décimètres cubes d'eau par minute lorsque le travail est le plus animé.

D'après le n.° 3, §. 2, section 2 de la première partie, l'orifice de la tuyère du fourneau catalan est à celui de l'orifice du fourneau navarrais, comme six est à sept, et l'orifice de la tuyère du fourneau navarrais, à celui de la tuyère du fourneau biscayen, comme sept est à neuf. Ainsi pour le premier avec une trompe qui a les mêmes dimensions et la même disposition, il faut un septième d'eau de moins, et pour le troisième deux septièmes de plus (1).

Dans une forge navarraise, où l'on fond avec des soufflets, dont la roue de 260 centimètres

(1) Je pars ici de l'ouverture de la tuyère, et non de la capacité des fourneaux, parce que la force du vent est la chose essentielle. -

Digitized by Google

de diamètre, produit l'expiration, et dont l'axe porte deux cames pour chaque soufflet, il y a ordinairement vingt-huit révolutions par minute au fort de l'opération, et une consommation de trois mètres, 424 décimètres cubes d'eau.

Dans la fonte au même fourneau navarrais avec des soufflets, où la roue de 162 centimètres de diamètre, produit l'expiration, et où chaque tour de la manivelle que porte l'axe, ne fait mouvoir qu'une fois chacun des soufflets, il faut ordinairement 66 révolutions par minute vers la fin de l'opération et environ deux mètres, neuf-cent-douze centimètres cubes d'eau.

La longueur des soufflets dans les forges navarraises étant de 228 centimètres, leur largeur moyenne de 43 et leur levée aussi moyenne de 32. Leur capacité est donc de 313 décimètres, 728 centimètres cubes (1).

Ainsi dans les deux cas où l'on travaille avec des soufflets, il y a environ 112 expirations, et par conséquent trente mètres cubes d'air fourni par minute, déduction faite de celui

(1) Dans les forges biscayennes la longueur des soufflets est de 260 centimètres, et la levée moyenne de 40 à 43 centimètres.

Digitized by Google

qui reste du côté de la base qui ne se desemplit jamais.

Comme on fait le même travail avec les trompes, il en résulte qu'elles fournissent la même quantité de vent. Ce qu'il y aurait à leur désavantage, c'est qu'elles consommeraient au moins un tiers d'eau de plus; mais au moyen de la pression qui a lieu à raison de la hauteur du réservoir et de celle de l'entonnoir, l'air est non-seulement aspiré par les quatre trompilles supérieures, mais encore, comme je l'ai observé ci-devant, par des trous pratiqués tout près de la cuve.

L'on pourrait donc établir au moins huit trompilles au lieu de quatre; faire deux ou trois retraits dans le tuyau de descente, diminuer la quantité d'eau, et cet artifice ainsi perfectionné offrirait au moins tous les avantages des soufflets sans en avoir les inconveniens.

Au commencement de l'opération qu'il faut peu de vent et par conséquent peu d'eau, l'ouvrier boucherait les trompilles inférieures qui seraient à sa portée, et il les déboucheraient ensuite successivement à mesure qu'il leverait davantage la bonde.

Le bois qui reste long-tems dans l'eau se ramollit, et devient spongieux; un corps élas-

Digitized by Google

tique qui frappe un corps mou, perd beaucoup de sa force. Ainsi les cuves doivent toujours être faites en pierre.

ARTICLE SEPTIÈME.

Description d'une forge Corse.

Les forges de la Corse se rassemblent toutes par la manière dont elles sont construites, et le travail y est partout le même, ainsi la description de l'une d'elles suffira pour les faire connaître.

Celle dont il s'agit est la forge *della Padulella* ou du petit marais, à sept kilomètres au nord de Cervione, département du Golo sur les côtes orientales.

Le bâtiment de l'usine a douze mètres de long, huit de large et six de haut.

Derrière la forge, à l'extrémité d'un petit ravin qui se trouve dans la montagne, au pied de laquelle elle est située, on a fait une retenue d'eau formant un bassin de deux mètres de profondeur, trois de large et seize de longueur.

Un premier canal formé d'un tronc d'arbre creusé, de onze mètres de long, trois décimètres de large, et d'autant de profondeur, amène

Digitized by Google

l'eau du réservoir au-dessus de la roue du marteau.

Elle tombe sur cette roue par un conduit perpendiculaire de quatre mètres de haut, et de deux décimètres de vuide sur chaque côté.

Le diamètre de la roue est de deux mètres; elle a non des pales, mais des augets de cinq décimètres de profondeur, distans les uns des autres de quatre, et larges de trois.

L'arbre de la roue a cinq mètres, huit décimètres de long, et trois décimètres de diamètre, il porte deux cames de fer arrondies, dont la saillie est de onze centimètres, et la largeur de seize.

La longueur du manche du marteau est de quarante-deux décimètres; l'anneau le partage en deux parties, dont l'une est double de l'autre, en sorte que de son milieu à l'extrémité du marteau il y a vingt-huit décimètres et quatorze du même point à l'axe de la roue; son diamètre est de vingt centimètres.

Le marteau est de fer, la longueur de sa surface sur l'enclume est de 32 centimètres, et la largeur de cinq; il pèse 75 kilogrammes.

L'enclume aussi de fer présente au marteau une surface égale à la sienne. Dessous elle s'élargit jusqu'à avoir quinze centimètres, avec une épaisseur de treize. Elle porte une queue

Digitized by Google

de trois décimètres de long, qui s'enfonce dans un billot de bois. Elle est saillante et s'élève au-dessus du sol de 21 centimètres; son poids est de cinquante kilogrammes.

Les deux supports de l'arbre de la roue, et ceux du manche du marteau, s'élèvent d'un mètre au-dessus de terre; ils ont cinq décimètres de large, et 21 centimètres d'épaisseur.

Un second canal de 8 mètres de long, 4 décimètres de largeur et de profondeur, aussi formé d'un tronc d'arbre creusé, amène l'eau sur une trompe.

Le tuyau perpendiculaire ou de descente a cinq mètres de hauteur et dix-neuf centimètres de côté en dedans; il est tout d'une venue et sans trompilles.

La cuve en maçonnerie a une voute ceintrée. Sa longueur est de deux mètres, sa largeur d'un mètre, et sa hauteur d'un mètre, trois décimètres, le tout dans œuvre. Le tuyau de descente est à six décimètres du mur de derrière. Le mur de devant est mitoyen entre la trompe et le foyer, en sorte que d'un côté, il est paroi de la cuve, et de l'autre il forme la varme.

Le fourneau a 32 centimètres du laitérol à la rustine, 48 de la varme au contrevent, et 38 de profondeur. Le trou du laitérol de

Digitized by Google

trois centimètres de diamètre, est élevé de 27 centimètres au-dessus du sol.

La tuyère avance de 16 centimètres dans le fourneau, incline de huit sur cette longueur, et son extrémité inférieure est au même niveau que le trou du laitérol. Le diamètre de son orifice est de deux centimètres et demi.

On y traite par vingt-quatre heures de trois cent à quatre-cent kilogrammes de mine de l'ile d'Elbe, qui produisent de 150 à 200 kilogrammes de fer.

Le minérai est d'abord grillé, ensuite désoxidé au point d'être réduit en grumeaux. Ces grumeaux éprouvent une fusion pateuse, au moyen de laquelle ils se purgent des terres et forment des loupes, avec lesquelles on fait quatre petits massets, qui subissent trois chaudes pour être réduits en fer marchand.

La consommation du charbon est considérable et à-peu-près la même que dans les fourneaux catalans, où la fabrication du fer s'élève à 450 kilogrammes par 24 heures (1).

Les forges corses ne travaillent ordinairement que trois ou quatre mois de l'année. Les ouvriers sont des lucquois qui viennent y pas-

(1) Voyez le §. 3 ci-après.

Digitized by Google

ser l'hiver. Ils prennent du fer en payement de leur travail. On voit que dans les forges corses, et l'on peut-en dire autant des gênoises qui leur ressemblent à-peu-près, on voit, dis-je, que les trois opérations nécessaires pour avoir le fer à l'état métallique se font séparément, que le minérai est d'abord grillé, ensuite désoxidé, et enfin purgé des terres; mais ce qui fait sentir combien leurs artifices sont faibles, mal disposés et mal construits, c'est que les ouvriers sont obligés de prendre les loupes ou grumeaux les uns après les autres pour faire couler les terres, de les souder pour en faire quatre petits massets qui n'en valent qu'un des bonnes forges des pyrénées, ce qui entraîne une perte de tems et une consommation aussi considérable qu'inutile de charbon.

Mais la distinction même de ces opérations prouve que l'on ignore l'art de bien conduire un fourneau, ou de griller, désoxider et purger la mine en même tems, de travailler sur-tout avec le vent répercuté, qui d'ailleurs est comme nul, vu que leurs trompes sont sans bassin de pression. Ce qui prouve aussi que la mine ne se désoxide pas entièrement au-dessus du vent ou plutôt qu'elle se désoxide successivement à mesure qu'elle se dépouille des terres, c'est que les loupes ont besoin de trois chaudes

Digitized by Google

pour être réduites à l'état de fer marchand, et j'ai remarqué que l'on avait besoin de faire macérer les massets les mieux faits dans le charbon.

ARTICLE HUITIÈME.

De l'acier qui se rencontre dans les massets provenant des fourneaux où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal.

Assez souvent une partie des massets obtenus dans les petits foyers, est convertie en acier. Quand on n'en connaissait pas la nature, on ne concevait pas comment il pouvait se former lorsqu'on n'employait pas les procédés ordinaires, qui étaient souvent des secrets; mais depuis que l'on sait de quoi il est composé, et qu'il résulte de la combinaison du carbone avec le fer, on voit facilement qu'il peut, et qu'il est même des cas où il doit s'en rencontrer dans les massets des petits fourneaux à fer.

Le premier minérai fondu, tombant à travers le charbon, étant relevé lorsqu'il est à l'état pâteux, et demeurant en contact avec lui pendant toute l'opération, est à même de se dégager de son oxigène, et de s'unir ensuite

Digitized by Google

avec le carbone, en sorte qu'au lieu du fer oxidé que l'on avait mis dans le fourneau, on en retire du fer carburé.

Comme la mine de fer spathique est celle qui se convertit le plus facilement en acier, et qu'elle contient toujours plus ou moins du manganèse, quelques auteurs ont pensé qu'il contribuait à sa formation. Mais on ne voit pas comment une substance qui est principalement connue par son appétence pour l'oxigène, dont elle ne se sépare que très-difficilement et momentanément, peut favoriser l'union du carbone avec le fer. Ainsi que je l'ai déjà observé, il y a plus de manganèse dans la plus part des hématites que dans les minérais spathiques de fer, et ce n'est pas avec elles que l'on fait le meilleur acier.

Il est certain que les dissolutions métalliques opérées par l'oxigène combiné avec une base, se réduisent beaucoup plus facilement que les oxides, ou si l'on veut que l'oxigène déjà intimément uni à une substance, adhère moins à une troisième, que lorsqu'il est seul avec elle. Ainsi le fer carbonaté, ou le carbonate de fer, dans lequel l'oxigène se trouve à l'état de mixte, et non d'agent simple, éprouve une réduction plus prompte et plus complette; le métal par conséquent est plus à même de s'unir

Digitized by Google

avec le carbone de l'acide ou du charbon, et c'est par cette raison sans doute que les mines de fer spathiques méritent en général le nom qu'elles portent de mines d'acier.

ARTICLE NEUVIÈME.

De la fonte du fer oxidé rubigineux, ou des mines de fer limoneuses et en grains, dans les petits foyers.

Les mines de fer en roche, c'est-à-dire que l'on extrait en gros quartiers du sein des montagnes, sont jusqu'à présent les seules que l'on ait traitées dans les petits foyers.

Duhamel et Diétrich ont essayé d'y réduire les mines de fer d'alluvion; mais leurs expériences n'ont été ni assez suivies, ni assez décisives, pour qu'on ait pu reconnaître l'inutilité des hauts fourneaux, toutes les fois que l'on ne veut pas avoir de la gueuse; voici ce qui m'est arrivé:

Voulant éprouver si l'on pouvait mettre à profit tout le minérai grillé, je le fis casser dans les paniers mêmes qui servaient au chargement, tout fut mis ensemble dans le fourneau, le gros, le menu, et la poussière. La première charge tomba entre les mains d'un

Digitized by Google

bon ouvrier, mais peu actif et fort attaché à sa manière de travailler. Il lui fallut une heure et demie de plus pour faire la fonte, et le masset fut moins gros. Je lui en demandai la raison, et sa réponse fut que la mine n'était pas nette. Une seconde charge fut traitée par un jeune fondeur actif et intelligent. Il fit son masset presqu'aussi vîte qu'à l'ordinaire, mais il obtint aussi moins de fer, et je vis que pendant la fonte, il brisait souvent le minérai en le soulevant, et qu'il le coupait avec l'extrémité effilée de son ringard.

Je compris que le minérai trop menu passait à travers le charbon, et tombait au fond du creuset sans être fondu, d'une autre part, que lorsque la grosse mine était chargée avec la grenaille et la poussière, il en résultait une masse que l'air et le calorique ne pénétraient pas, ou ne pénétraient que difficilement.

Il serait donc possible et même facile de fondre les minérais d'alluvion, en pois, en grains etc.; dans les petits foyers, il ne s'agirait pour cela que de les préparer, en les grillant non dans des fours à ouvreaux, mais sur des aires, ou dans des fourneaux libres et dégagés dans toute leur hauteur. On en ferait plusieurs couches qui seraient placées sur des lits de bois recouverts de frasil ou menu charbon.

Digitized by Google

On ménagerait quelques soupiraux, et l'on pousserait le feu jusqu'à ce que les matières seraient bien agglomérées, et en partie liquéfiées, pour les briser ensuite en morceaux de la grosseur convenable. Les mines de fer limoneuses en petits blocs de la grosseur du poing et même d'un moindre volume, pourraient être grillées et traitées comme les minérais en roche.

Les mines les plus riches sont les meilleures pour les petits foyers, comme pour les hauts fourneaux. Mais les oxides de fer purs et dégagés de gangue sont extrémement rares; ainsi que je l'ai observé, il n'y a guere, qu'un tiers de la mine de l'île d'Elbe qui tienne peu de terres. Celles de Somma-rostro et Galendi près Bilbao en Espagne, renferment beaucoup de noyaux de spathe calcaire, et de la gangue de calcaire grisâtre.

Les maîtres d'usines espagnols, de la Navarre et du Guipuscoa, qui, pendant la dernière guerre, ne pouvaient tirer du minérai de Bilbao, vu que la mer était fermée, employèrent ce qu'ils appellent la mine de montagne ou de leurs montagnes, ou autrement de la mine spathique et divers oxides de fer terreux ou pierreux, et bientôt ils fabriquèrent autant de métal qu'avec la mine de mer ou de Bilbao.

Digitized by Google

A Viu, vallée de Lanzo, département du Pô, on fond et réduit en fer directement et sans aucun grillage les minérais arenacés provenant du détritus des pierres ou roches ferrifères de l'endroit. Comme ce minérai qui est de fer oxidé pur, est en paillettes ou petites lames, il ne tombe pas et ne roule pas précipitamment au fond du creuset, il se pose, s'arrête et demeure sur le charbon, il a le tems de se griller, de se désoxider et ensuite de se séparer du sable magnésien, avec lequel il est toujours un peu mêlé. Sur un panier de charbon de cinq à six kilogrammes on projette une pélée de minérai qui en pèse environ quatre, on continue de mettre du charbon, et de répandre du minérai de dix en dix minutes, ou tous les quarts d'heure, pendant quatre heures et demie, on laisse aller le feu pendant une bonne demie heure en ne mettant que du charbon, l'on emploie le même vent, et un vent assez faible depuis le commencement de l'opération jusqu'à la fin, et l'on retire ainsi de cinq en cinq heures un petit masset de fer très-doux, pesant environ cinq rubs ou 45 kilogrammes.

Ainsi l'on tire parti d'un minérai pulvérulent, et ce travail m'a fait beaucoup de plaisir, mais c'est une très-mauvaise opération et un grand abus que de boccarder le minérai

Digitized by Google

en roche et de le réduire en poussière, ainsi que cela se pratique dans les usines dites à la catalane de la Doire.

ARTICLE DIXIÈME.

Courte digression sur la manière simple, antique et primitive de fabriquer le fer et l'acier.

L'invention des soufflets et des trompes a-t-elle précédé l'art de fabriquer le fer et l'acier, et, dans le cas où l'idée de renfermer et de condenser l'air dans des outres, comme nous le faisons dans notre bouche, serait plus ancienne que l'invention de ces métaux, s'en suivrait-il que dans l'origine, où se servit des soufflets pour les fabriquer? Je n'entreprendrai pas de résoudre une question aussi délicate. Je me contenterai de rapporter ce que j'ai observé, et d'en tirer quelques inductions.

Les terrains qui bordent *le port-ferrajo*, *le port forgeron*, ou *des forges*, Porto-Ferrajo, île d'Elbe, (1) sont couverts de scories ferrugi-

(1) Le Port-ferrajo est naturel, et n'a pas été creusé par la main des hommes. Ainsi il est aussi ancien que la méditerranée; il a donné son nom à la ville de Porto-Ferrajo, et ne tire pas le sien de cette place, qui n'existe que depuis environ deux siècles qu'elle a été bâtie par les Médicis.

Digitized by Google

neuses, en plusieurs endroits, où il n'existe aucunes trances de cours d'eau naturels ou artificiels, et dans ces contrées le flux et reflux de la méditerranée est insensible, ou pour mieu dire, nul. En d'autres lieux de l'île, j'ai reconnu des amas de scories formant de petites éminences, dont le sommet n'a que quelques mètres quarrés de surface, on voit qu'elles se sont élevées à mesure que les scories se sont accrues, c'est-à-dire à mesure que l'on a fabriqué du fer; et l'on n'y trouve aucune plâte-forme, où l'on ait pu établir des trompes ou des soufflets. Au fond du golfe de Follonica, peu éloigné de l'île d'Elbe, et environné d'immenses forêts, il y a non des tas et des amas, mais des monticules de scories absolument isolés sur une grande plaine qui borde la mer. Il n'existe pas non plus de plâte-forme sur ces monticules; l'on n'y apperçoit aucuns vestiges de construction en maçonnerie, et l'on voit encore qu'ils se sont exhaussés progressivement à mesure que les scories croissaient, et que l'on se plaçait au-dessus d'elles.

D'après cela n'y a-t-il pas lieu de présumer que primitivement on fabriqua le fer sans trompes et sans soufflets, que l'on entourait simplement de petites aires avec des pierres, et ensuite avec des scories, en ayant soin de

Digitized by Google

laisser quelques ouvertures pour l'introduction de l'air; que l'on faisait un lit de charbon et un lit de minérai, qu'au moyen de plusieurs feux et d'une fusion pateuse (1), on parvenait à désoxider, à purifier le fer et à le rendre malléable; que l'on répandait les scories autour de soi, que l'on déplaçait le foyer, et qu'on l'établissait plus haut, à mesure qu'elles encombraient et empêchaient la circulation?

La mine de l'île d'Elbe étant oxidée, doit nécessairement passer à l'état de fer avant de devenir acier; cependant Virgile dit qu'elle est fertile en veines inépuisables de ce dernier métal. En chauffant le minérai à plusieurs réprises au milieu de beaucoup de charbon, n'obtenait-on pas de l'acier plutôt que du fer, et l'un ne fut-il pas connu avant l'autre?

---

(1) La fabrication du fer est simple et facile au moyen de la fusion pâteuse; mais autant elle est lente et monotone, quand elle a lieu de cette manière, autant elle est vive et animées lorsqu'on emploie une fusion liquide.

Digitized by Google

ARTICLE ONZIÈME.

De la fabrication du fer avec la houille dans les petits foyers.

J'ajouterai seulement ici quelques observations à celles contenues dans ma lettre insérée dans le N.° 115 du journal des mines, et comme les divers problèmes que j'y énonçais sont résolus dans le présent traité, je pense qu'elles seront suffisantes.

La houille a le défaut, si c'en est un, de donner trop ou trop peu de chaleur.

Deux charbons de bois bien allumés, placés à terre sur le coin d'un foyer, continuent de brûler, tandis que deux morceaux de houille s'y éteignent promptement.

Une petite quantité de charbon de bois mise dans un creux s'y consume, et une égale quantité de houille cesse bientôt d'y brûler.

Le soufre brûle à une très-faible température, et la combustion de celui que renferme la houille est ordinairement achevée, lorsque le carbone a acquis le degré de chaleur nécessaire pour que sa combustion puisse s'opérer, c'est d'après cela que se forme le coak, ou charbon de terre épuré.

La houille est plus dense que le charbon de

Digitized by Google

bois, ainsi elle contient plus de matière combustible sous un volume donné, il lui faut donc une plus grande quantité d'air, et soit par cette raison, soit parce que le carbone y est enveloppé de terres et autres substances étrangères qui absorbent du calorique, il est nécessaire d'avoir une forte circulation.

Il est difficile d'après cela de conduire le feu avec le coak dans les petits foyers, de manière à pouvoir y faire les trois opérations du grillage, de la désoxidation et de la scorification ou vitrification des terres.

On a vu que dans la Corse on les exècute séparément et l'une après l'autre dans le même creuset en travaillant avec le charbon de bois; avec le coak il conviendrait non-seulement de les faire de même, mais encore dans des fourneaux différens.

Je pense donc qu'il faudrait griller la mine dans des fours à ouvreaux comme ceux d'Espagne, la houille serait placée sur une grille et la flamme dirigée pour produire son effet.

La désoxidation de la mine grillée se ferait dans un fourneau cilindrique, qui aurait vers sa base deux ouvertures latérales et opposées. La partie du fond et le pourtour seraient garnis de houille, le milieu serait rempli de couches verticales de mine grillée et de coak

Digitized by Google

que l'on établirait avec des planches de bois ou mieux avec des plaques de tole que l'on enleverait après cette disposition; le fourneau serait couvert de menu coak tassé, dans lequel on fairait les ouvertures nécessaires.

Le minérai grillé et désoxidé au point d'être limable serait purgé des terres dans un petit foyer, où il éprouverait seulement une fusion pâteuse au-dessus du vent pour ne pas être attaqué par les substances étrangères de la houille; les grumeaux pâteux formeraient des loupes qui, étant soudées ensemble, donneraient des massets d'une grosseur convenable.

Si dans la Corse, la Ligurie et le Piémont l'on avait un creuset pour désoxider la mine qui aurait été grillée préalablement, si l'on portait les grumeaux désoxidés dans un foyer où l'on opérerait seulement par un travail continu la scorification ou vitrification des terres, on fabriquerait beaucoup de fer.

§. III.

DU CHARBON.

Il convient de dire un mot des bois qui fournissent le charbon, d'en faire connaître la consommation aux petites forges, et de la comparer à celle qui a lieu dans les hauts fourneaux.

Digitized by Google

Les diverses espèces d'arbres qui croissent dans une même contrée, ont un tissu différent, c'est-à-dire plus ou moins lâche, un plus ou moins serré, en sorte que sous un volume égal ils ne renferment pas la même quantité de matière ligneuse et par suite de charbon. La combustion étant à raison de la densité et non de l'espace qu'occupe la substance combustible, dans les usines l'on a et l'on doit avoir égard moins au volume qu'au poids, et c'est toujours d'après ce dernier que les charges sont évaluées.

Le bois que l'on veut charbonner doit être dans toute sa force et sa vigueur. Les vieux troncs dans leur intérieur sont rarement sains; ils fournissent un combustible de mauvaise qualité, et souvent imprégné d'oxide de fer, qui nuit beaucoup dans le travail, puisqu'il empêche le développement du calorique, et que d'un autre côté, il en absorbe une partie.

Les arbres d'une même espèce ont une compacité différente, suivant les climats où ils croissent. Le pin du nord est souple et léger, celui du midi est roide et lourd; l'un est propre à la mâture, l'autre au doublage des bâtimens.

Le poids du charbon que les arbres produisent, varie donc suivant le pays où ils végétent, et il n'est pas étonnant que les expérien-

Digitized by Google

ces sur le charbonnage des bois, faites dans des latitudes notablement différentes présentent des résultats divers.

La manière d'élever ou de laisser croître les arbres influe aussi d'une manière remarquable sur leur densité. Abstraction faite du climat et de l'exposition du sol, il est clair que les plantes qui sont pressées les unes contre les autres, qui se touchent et se croisent, qui empêchent l'air de circuler et le soleil de pénétrer, ont un tissu lâche et sont gonflées d'humidité, au contraire leur tissu sera ferme et serré, lorsqu'elles seront à une certaine distance les unes des autres, que l'air circulera parmi elles, et qu'elles seront exposées à l'action de la chaleur.

D'après ces diverses considérations, on doit s'occuper dans les pays à usines, à multiplier et faire croître les arbres qui, sous un volume donné, fournissent plus de combustible, et à les cultiver d'une manière convenable. Je suis assuré que la prospérité des forges d'Espagne est due en grande partie à ces deux objets.

Le bois que l'on convertit en charbon doit être abattu deux mois avant la sève ou deux mois après, c'est-à-dire en février ou juin ordinairement. Le hêtre se charbonne vert, et pour ainsi dire à mesure qu'il est coupé; le chêne,

Digitized by Google

le chataignier et le pin ont besoin d'être un peu desséchés.

Le bois mort et celui qui demeure exposé plus d'une année à l'air et à la pluie, ne produit plus de bon combustible. Si l'on veut en profiter, il faut avoir soin de le mettre à part et le réserver pour les opérations, où l'on a moins besoin de chaleur.

Quand on a un courant d'eau favorable, on peut faire flotter le bois et le charbonner aux usines mêmes; le flottage ne nuit point, l'on économise le transport, et l'on n'a pas le déchet qu'occasionnent chaque chargement et déchargement.

Le bois qui est destiné à faire une charbonnière peut se diviser en gros, moyen et menu; le gros se met au centre, le moyen au milieu et le menu par dessus; j'ai vu dans les alpes des charbonniers Piémontais faire des fourneaux avec des trançons de pin et de mélaise de trois décimètres et plus de diamètre qui étaient parfaitement cuits; en général le charbonnage des bois résineux supporte de fortes dimensions, et il en est à-peu-près de même de celui de hêtre; mais le chêne et le chataignier doivent être en petits morceaux, et l'on met en quartiers tout ce qui passe un décimètre de rayon.

En France on est dans l'usage de placer le

Digitized by Google

bois de bout ou à-peu-près droit dans les charbonnières. En Espagne on le couche en beaucoup d'endroits, et les ouvriers prétendent que d'après cette disposition le charbon est beaucoup meilleur. Les parties volatiles ont beaucoup de facilité pour s'échapper, lorsque le bois est debout, et le feu attaque une des extrémités des buches avant l'autre; quand elles sont couchées, il se porte aux deux extrémités en même tems et avant d'avoir atteint le milieu, en conséquence les parties volatiles sont concentrées, et le charbon doit être plus fort et peser davantage.

Je n'entrerai dans aucun détail relativement à la position des places charbonnières, à leur disposition pour éviter l'humidité, à la conduite du feu, sa durée, les effets de l'atmosphère séche ou pluvieuse, mais on ne saurait trop réfléchir sur les circonstances accessoires du charbonnage, sur les moyens d'économiser la main d'œuvre, et d'avoir le moins de déchet possible.

Dès que les charbonnières sont en feu, l'on doit songer au transport du charbon, et y travailler aussitôt qu'elles sont éteintes. C'est alors que le charbon est le plus léger, et conséquemment les bêtes de somme ou les charrettes en portent davantage. Si l'on est dans la belle sai-

Digitized by Google

son, le transport peut être réglé et durer plus long-tems, mais à l'approche de l'automne et sur-tout de l'hiver, il faut redoubler de moyens et d'activité. L'on peut à la vérité mettre le charbon à couvert dans les forêts même en y construisant des cabannes; mais elles sont couteuses, absorbent du bois, et ne garantissent pas des vols et des incendies.

Il est donc important de faire arriver le charbon aux usines aussitôt qu'il est fait ou à mesure qu'il se fait, mais il ne faut pas l'employer de même. Ses pores étant ouverts, quand il est nouveau. L'air le pénètre facilement, la combustion est rapide et s'opère plutôt du centre à la circonférence, que de la circonférence au centre, ce qui est un inconvénient majeur. Le charbon qui vient d'être fait attire l'humidité, acquiert du poids, se resserre, et s'améliore indubitablement; il faut donc le garder quelques mois, avoir plusieurs charbonnières que l'on remplit et vide tour-à-tour, et si l'on n'en a qu'une, il convient de la vider d'un côté pendant qu'on la remplit de l'autre.

Dans une petite forge où l'on fabrique des massets de cent kilogrammes, avec du minérai qui donne un tiers en métal, la consommation du charbon est de vingt-quatre charges de soi-

Digitized by Google

xante et quinze kilogrammes l'une par vingt-quatre heures, c'est-à-dire d'une charge de 75 kilogrammes par heure. Le nombre des feux étant ordinairement de six, il s'en suit que le produit en fer est égal au tiers en poids du charbon employé, ou autrement que l'on consomme trois kilogrammes de charbon pour faire un kilogramme de fer (1).

On en dépense beaucoup plus dans les grandes forges, où il y a de hauts fourneaux pour réduire les minérais en fonte, et des renardières ou affineries pour convertir la gueuse en fer, mais pour établir une comparaison juste et conséquente, il faut faire les rapprochement convenables.

Si l'on comparait la consommation et les produits d'une grande forge qui travaille bien, à la consommation et aux produits d'une petite usine qui travaille mal, le résultat ne se-

(1) Je parle ici du produit moyen qu'il faut toujours prendre pour base. Lorsque la mine étant bien grillée donne 40 pour cent, et qu'on lui fait éprouver une fusion claire ou liquide, au lieu de 600 kilogrammes de fer par 24 heures, on en fabrique souvent 7 à 800 dans les foyers navarrais, en ne brûlant pas plus de charbon, et 9 à 11 cent dans les biscayens qui en consomment environ un 5.e de plus.

Digitized by Google

rait point exact. Il en serait de même si on comparait la consommation et les produits d'une petite forge où l'on traite du minérai riche, à la consommation et aux produits d'une grande forge où l'on a du minérai pauvre et réciproquement.

Il faut donc mettre en parallèle des forges de l'une et de l'autre espèce, où l'on travaille bien, et où l'on emploie le même minérai.

Dans la grande forge de Massa sous Sienne en Étrurie, qui est alimentée avec des minérais de l'île d'Elbe, et qui passe pour être celle de l'Italie qui marche le mieux, pour opérer la fusion de cent kilogrammes de minérai qui donnent 60 kilogrammes de fonte, on consomme 100 kilogrammes de charbon, ci . . 100 kil.

Pour macérer ces 60 kilogrammes de fonte on dépense 60 kilogrammes de charbon, ci 60

Pour convertir en fer ces 60 kilogrammes de fonte la consommation du charbon est de 100

Total 260

Les cent kilogrammes de mine qui donnent 60 kilogrammes de fonte produisent la moitié en fer ou 50 kilogrammmes, ainsi l'on dépense 5 kilogrammes et 115 de charbon par kilogramme de fer fabriqué.

Digitized by Google

En Corse pour réduire 400 kilogrammes du même minérai de l'île d'Elbe qui donnent 200 kilogrammes de fer, on dépense 700 kilogrammes de charbon, ce qui fait trois kilogrammes et demi par kilogramme de métal; mais dans les petites forges de France, en traitant du minérai qui ne donne qu'un tiers, on consomme seulement trois kilogrammes de charbon par kilogramme de fer, ainsi avec le minérai de l'île d'Elbe, on n'en dépenserait guère plus de deux.

A l'ancienne forge de Baygorry dans la basse Navarre, aujourd'hui Basses-Pyrénées, où il y avait un haut fourneau pour faire des canons et des bombes, une renardière ou affinerie pour réduire les déchets du haut fourneau, et un foyer navarrais où l'on traitait le même minérai qui servait à faire les bombes et les canons, le fer de la renardière exigeait toujours une dépense de charbon comme cinq et demi, et celui de la petite usine comme trois ou trois et demi.

Je pourrais rapporter d'autres exemples qui offriraient le même résultat.

Mais il y a une manière plus simple et plus précise de comparer les grandes forges aux petites, et de prouver que la consommation du charbon est et doit être beau-

Digitized by Google

coup plus forte dans les unes que dans les autres.

D'après les observations et les relevés que j'ai faits, je puis avancer qu'en France, en Allemagne et en Italie, les hauts fourneaux absorbent autant de charbon qu'ils fondent de minérai, quelle que soit sa teneur, ce qui est naturel, puisque le poids de la matière est toujours le même (1).

On vient de voir que dans les petites forges où l'on fond du minérai qui tient un tiers de métal, on consomme trois kilogrammes du charbon par kilogramme de fer. Ce kilogramme de fer en représentant trois de substance métallifère qui exige trois kilogrammes de charbon pour son traitement, il en résulte que dans les foyers à fer comme dans les hauts fourneaux le poids du combustible dépensé est égal à celui du minérai employé (2). Ainsi, pour faire de la fonte dans les hauts fourneaux, on brûle

---

(1) Je ne parle pas des quinze premiers jours de travail d'un haut fourneau, durant lesquels, en prenant le septième pour terme moyen, on brûle trois kilogrammes de charbon par kilogramme de minérai.

(2) Il suit de là qu'en Corse, où l'on consomme sept kilogrammes de charbon par quatre kilogrammes de minérai, il y en a trois de dépensés inutilement.

Digitized by Google

autant de charbon, que dans les petites pour convertir les minérais en fer, les grandes forges consomment donc en plus tout ce qu'il faut pour la réduction de la gueuse.

Cette réduction qui exige ordinairement deux kilogrammes de charbon par kilogramme de fer est par-là même dispendieuse. Il y a de l'économie à couler la gueuse non en prismes triangulaires épais, mais en plaques minces que l'on brise en petits morceaux, et que l'on place non près de la varme mais du contre-vent; l'on gagnerait davantage si l'on pouvait faire passer la fonte du haut fourneau dans les affineries; mais on aura toujours beaucoup plus de dépense et de main d'œuvre que dans les petites forges, où le même calorique qui opère la fusion, est mis à profit pour purifier et désoxider le fer.

§ IV.

DES OUTILS.

A l'article de la fonte il a été fait mention de la plus part de ceux que l'on emploie, mais il est à propos d'en donner ici les dimensions, et d'indiquer la manière de s'en servir.

Digitized by Google

ARTICLE PREMIER.

Des outils qui servent au fondage.

1.° Curette de la tuyère. C'est une petite barre de fer plate, d'un mètre de long, trois centimètres de large, et cinq millimètres d'épaisseur; une de ses extrémités est repliée et arrondie, afin que la main de l'ouvrier s'y appuye avec plus de force, l'autre est taillée en ciseau, on se sert à tout moment de cet outil sur-tout pendant la fonte du minérai. Comme l'extrémité de la tuyère est presque toujours plongée dans le laitier, il s'en attache à ses bords qui se fige et se durcit, et son orifice diminuerait bientôt, si on ne le faisait tomber. Il arrive aussi que le fondeur en travaillant, y fait entrer des scories, et alors il est encore plus instant de la nettoyer, aussi va-t-il la visiter, aussitôt qu'il quitte le foyer, et il a soin de détacher et d'écarter tout ce qui pourrait s'opposer à l'introduction du vent.

2.° Ringards pour le fourneau.

Ils sont au nombre de trois, l'un d'un mètre et demi de long et de trois centimètres de diamètre, l'autre de deux mètres de long et du même diamètre que le premier, le troisième de deux mètres et demi de longueur sur quatre centimètres de diamètre.

Digitized by Google

L'extrémité des deux premiers, qui travaille et entre dans le foyer, est applatie dans une longueur de deux décimètres et se termine en ciseau. Celle du troisième ou du plus gros est taillée en forme de coin; tout le reste est rond et bien uni, afin que les ouvriers les manient commodément.

Le fondeur prend le plus petit pour faire le vide devant la tuyère lorsqu'on met le vent, pour sonder le masset et pour détacher les scories qui si figent sur le dessus, le dessous et le devant de la tuyère; avec le second, il coupe, soulève et approche le minérai, serre et ramasse le masset; le gros ou le troisième sert uniquement à le détacher lorsqu'il est fait, à le dresser et à l'élever au-dessus de la tuyère.

3.° Perçoir.

C'est une barre de fer arrondie d'un mètre et demi de long et de 12 à 14 millimètres de diamètre, destinée à ouvrir le laitérol et à faire couler le laitier. Le fondeur l'enfonce en montant jusqu'à la tuyère; il la tourne et la fait aller de côté et d'autre pour écarter le charbon et ouvrir le passage; il la retire lentement pour que le laitier suive, ordinairement il se présente et s'échappe de suite; mais bien souvent aussi il faut enfoncer le perçoir à plusieurs reprises; si le laitier après avoir coulé

Digitized by Google

pendant quelques minutes va en diminuant, le laitérol se ferme bientôt de lui-même. S'il vient avec force pendant plus de quatre à cinq minutes, on bouche une partie de l'ouverture avec l'extrémité du perçoir, ou bien on la ferme tout-à-fait avec une petite pelote de scories qui commence à se figer.

4.° Marteau à main et masse.

S'il n'y a pas de laitier durci contre le trou du laitérol que l'on veut ouvrir, un marteau à main suffit pour faire entrer le perçoir, dans le cas contraire, on a une masse qui le force de pénétrer.

5.° Crochet.

C'est une barre de fer ronde, pointue d'un côté, et portant une douille de l'autre, courbée en faucille et formant à-peu-près la moitié d'un cercle de trois décimètres de diamètre. La douille reçoit un manche de bois de deux mètres de long; un ouvrier s'en sert pour aider à sortir le masset du fourneau, le faire rouler vers l'enclume, le mettre dessus et le tourner horizontalement.

6.° Pèles de fer.

On en a ordinairement deux qui sont pointues, ou de forme triangulaire pour qu'elles entrent mieux sous le laitérol et les scories qu'elles servent à enlever.

Digitized by Google

7.° Brouettes.

Aussitôt que le laitier et les scories sont refroidis, on les conduit hors des usines avec des brouettes.

8.° Rables.

Ce sont des morceaux de planche quarrés, de trois décimètres de long, deux de large et de trois centimètres d'épaisseur, troués au milieu pour recevoir des manches de fer, longs de deux et trois mètres et de douze millimètres de diamètre; on s'en sert à tout moment pour accumuler le charbon au milieu du foyer et faire avancer la mine qui restait sur l'âtre du contrevent. A la fin du fondage, un ouvrier en prend un à manche long pour pousser le charbon allumé sur la rustine, et le fondeur un à manche court pour vider le foyer et découvrir le masset.

9.° Spatule.

C'est une petite pèle de fer de 15 centimètres de long, 10 de large et 2 d'épaisseur, dont le manche aussi de fer, rond et bien uni, a 2 mètres de long et 12 millimètres de diamètre.

C'est avec elle qu'on jette hors du fourneau les crasses et scories détachées avec les ringards. Comme elles sont confondues et mêlées avec la braise, on la retourne pour les trouver, et ensuite on la dispose, comme il convient pour le fondage suivant.

Digitized by Google

ARTICLE DEUXIÈME.

Des outils qui servent pour la malléation, le chauffage et étirage des massets.

Ils consistent en cinq paires de tenailles de différentes dimensions et de différentes formes.

La première a deux mètres de longueur, savoir, les bras un mètre sept décimètres, et les machoires trois décimètres; les bras droits et arrondis ont deux centimètres de diamètre, ils se terminent par une douille qui reçoit une poignée de bois bien assujettie; les serres sont ceintrées, afin que leur pointe recourbée en dedans, entre pour ainsi dire dans le masset.

C'est avec cette tenaille que le maillet ou martelleur le saisit, quand il est détaché du foyer, qu'il le conduit sous le marteau, le retourne, le retire et le dresse sous le manche pour faire entrer les bavures, qu'il le remet sur l'enclume, le fait malléer, jusqu'à ce qu'il soit coupé en deux. Ce travail exige une certaine force et sur-tout de l'habilité de la part de l'ouvrier, soit pour faire lévier à chaque instant, soit pour bien conduire les tenailles. Car, si elles étaient mal posées et recevaient

Digitized by Google

le coup du marteau, il serait blessé et jeté hors de sa place (1).

La seconde tenaille est faite comme la première, mais elle est plus petite, vu que l'on s'en sert pour faire malléer chaque moitié du masset. Sa longueur, en y comprenant celle des mâchoires de deux décimètres, est d'un mètre et demi.

La troisième a deux mètres de longueur comme la première, ses bras plus forts ont quatre centimètres de diamètre. Ses serres épaisses n'ont que seize centimètres de longueur. Elle pèse ordinairement soixante-quinze kilogrammes, et les ouvriers se mettent deux pour la porter au foyer. Elle sert pour suspendre et soutenir les deux parties du masset que l'on chauffe successivement pour les étirer, et qui péseraient sur la tuyère et s'en-

(1) A Viu, vallée de Lanzo, et ailleurs, le martelleur ajuste à sa jambe droite une espèce de botte forte qu'il recouvre de linges mouillés, et se présente ainsi devant l'enclume où est le fer extrait du fourneau. Il s'écarte, se torture, pour le retourner et le remuer, il se sert de sa botte pour faire un point d'appui, il se met en nage pour façonner un petit masset qu'il maniérait sans peine avec de bonnes tenailles et une enclume à fleur de terre.

Digitized by Google

fonceraient, si l'on n'établissait pas l'équilibre, au moyen de cet instrument lourd et massif.

La quatrième tenaille a huit décimètres de longueur. Les serres pliées toutes deux du même côté à angle droit des bras, et revenant ensuite dans leur direction, sont en outre ceintrées, pour envelopper et serrer en deux endroits différens chaque partie du masset, qui est ébauchée avec la tenaille n.° 2, chauffée avec la tenaille n.° 3, et étirée d'un côté avec la présente. Un lien de bois qui prend les deux bras, les empêche de s'écarter, et l'ouvrier n'a qu'à présenter le fer au marteau d'une manière convenable. Les bras ont quatre décimètres de long, ainsi que les serres indépendamment de leurs courbures. Les premiers sont ronds, et leur diamètre est de deux centimètres, les secondes sont applaties.

La cinquième a sept décimètres de longueur, savoir les bras cinq et demi, et les machoires un et demi. Une des machoires est large et a des rebords latéraux, l'autre est étroite et entre dans la première.

Cette tenaille sert à faire chauffer et retourner dans le foyer les deux moitiés du masset qui étant étirées d'un côté au moyen de la tenaille n.° 4, et par conséquent allongées, n'entrent plus toutes entières dans le

Digitized by Google

fourneau, et n'ont plus besoin par cette raison de l'équilibre formé par la tenaille n.° 3 un coulant de fer, qui tient les deux bras, fait que les machoires serrent bien la pièce de fer.

§. 5.

DES OUVRIERS.

Il y a ordinairement six ouvriers dans une petite forge, deux maillets ou martelleurs, un foyer ou constructeur de fourneau, deux fondeurs ou escolas, et un casseur ou pique mine. Mais un maillet suffit pour étirer les massets de deux fondeurs, et souvent l'un d'eux est foyer en même tems; en sorte qu'une petite usine roule fort bien avec quatre ouvriers. A la fin de chaque malléation, le maillet visite les divers artifices qui sont de son ressort, ou qui ont rapport à son travail. Il resserre ce qui s'était relaché, change les cames usées, met l'eau sur les tourillons, et ne va prendre du repos que lorsqu'il s'est assuré que tout est en état.

Lorsqu'un fondage est achevé, et que le fourneau est nettoyé, le foyer reconnaît avec soin la situation de la tuyère, la rajuste et la consolide toutes les fois qu'il est nécessaire.

Digitized by Google

Un petit foyer n'est en feu que six jours de suite. Les ouvriers cessent leur travail samedi à minuit, et ne le reprennent que le dimanche à la même heure. Mais des huit heures du soir, un d'eux est chargé de mettre du charbon allumé dans le fourneau, et de le faire chauffer comme il a été dit ci-devant.

§. 6.

DES MARTINETS.

En italien, Distendini.
En piémontais, Subtiladure.

Autre fois il n'y avait guère qu'un marteau, dans les forges où l'on extrait directement le fer de ses mines; aujourd'hui la plupart ont des martinets où le fer est très-bien paré et étiré, et j'en fis faire un à Baygorry qui travaillait fort bien.

Les martinets sont bien construits dans un grand nombre d'endroits, mais il n'en est pas de même dans beaucoup d'autres. Je crois devoir en parler par cette raison; mais ce sera très-succintement, vu qu'il serait aussi fastidieux qu'inutile de rentrer dans les détails des constructions et dispositions des artifices, qui sont très-analogues à ceux des forges mêmes.

Digitized by Google

ARTICLE PREMIER.

Des artifices qui servent à étirer et parer le fer.

1.° La roue d'un bon martinet est faite comme celle de la forge, son diamètre est plus petit, et n'excède pas 300 centimètres; les croix, pâles ou aubes (1), et le canal d'emboitement, sont également faits et ajustés de la même manière.

2.° L'axe ou arbre de la roue est ferré et divisé, comme celui de la forge.

Son diamètre est au plus de 45 à 48 centimètres, les supports et enchevêtrures sont les mêmes; les cames ou lèves que l'arbre reçoit sont au nombre de six au lieu de quatre, et

(1) Les roues à pots, godets ou augets, où l'eau n'agit ordinairement et principalement que par son poids, sont peu en usage dans les martinets et forges à fer. Avec un canal d'emboitement bien ajusté aux roues à pâles, l'on a le double avantage du couronnement et d'avoir des rayons directs, où la force n'est pas décomposée. Il est vrai qu'avec des augets, il y a un tiers du couronnement qui est chargé d'eau, et qu'il n'y en a qu'un quart avec les roues à pâles; mais la pression qu'elles admettent, compense et bien au-delà cet avantage.

Digitized by Google

leur saillie n'est que de neuf à onze centimètres. La roue peut faire trente révolutions par minute sans se gêner.

3.° Le manche du marteau a trois-cent centimètres de longueur. La bogue ou anneau est placé au tiers de cette longueur du côté de l'arbre de la roue. Le marteau est de fer et pèse 75 kilogrammes; l'enclume aussi de fer en pèse 50. Le ressort du marteau est placé de manière que les cames peuvent passer et s'echapper aisément.

Le centre de l'arbre, celui de la bogue et la surface de l'enclume sont au même niveau. L'enclume s'élève au-dessus de terre de 8 centimètres; sa longueur est de 37 centimètres, et sa largeur de 9. Elle fait un angle droit avec le manche du marteau qui la traverse dans sa largeur, elle incline de 3 centimètres du côté de la bogue, et la disposition du marteau est telle, qu'il s'applique exactement dessus.

4.° Les canaux, le réservoir, les décharges, les cages des roues de la forge servent ordinairement pour les martinets. Dans le cas contraire, ils sont faits et ajustés de la même manière.

La roue faisant trente révolutions par minute, et son axe portant six cames, il y a

Digitized by Google

180 coups de marteau dans cet espace de tems, ou trois coups par seconde.

Le diamètre de la roue peut-être plus petit et varier entre 200 et 300 centimètres, il en est de même de celui de la roue de *la* forge; on met alors un moindre nombre de cames, et un axe moins fort; mais la roue fait un plus grand nombre de révolutions par minute, en sorte que l'on obtient le même effet. En un mot il faut reconnaître le terrain où l'on se trouve, les chûtes, la pression, la quantité d'eau que l'on a, ou que l'on peut avoir, la longueur des léviers, leur espèce, le poids des marteaux, calculer ensuite et travailler de manière que l'on ait environ deux coups par seconde pour le gros marteau et trois pour le martinet. (Voyez les observations à la suite du n.° 4, §. 2, 1.re partie).

Le poids du marteau n'est pas considérable, mais la force résulte du produit de la masse par la vîtesse, en sorte qu'avec un marteau dont la vîtesse est comme 4 et le poids comme 2, la force est la même qu'avec un dont le poids est comme 4 et la vîtesse comme 2; d'un autre côté une percussion vive entretient la chaleur du métal, l'ouvrier travaille plus long tems de suite, et le fer n'est ni raboteux, ni gercé.

Digitized by Google

ARTICLE DEUXIÈME.

Des artifices nécessaires pour chauffer le fer.

1.° Une trompe de quatre mètres de hauteur, qui a neuf centimètres de diamètre à l'étranglement au-dessus des quatre trompilles, et qui est placée sous le réservoir de pression de la forge, fournit tout le vent nécessaire. On peut se servir des soufflets; mais les trompes conviennent beaucoup mieux, vu que l'on a besoin d'un vent égal et continu, et comme il doit être plûtôt intense que fort et violent, la cuve peut-être placée à une certaine distance du foyer et même au-dessous de son niveau.

2.° Le foyer est élevé de 80 centimètres au-dessus du sol de l'usine, à sa surface.

Il est placé non sur le prolongement de la ligne qui part des cames et passe au centre de la bogue et au milieu de la longueur transversale de l'enclume, mais à côté de cette dernière, et la maçonnerie sur laquelle il est construit n'en est éloignée que d'un mètre.

Cette maçonnerie qui est ordinairement appuyée contre le mur du derrière de la forge, a un mètre de largeur et deux de longueur.

Digitized by Google

La longueur est parallèle au mur et au manche du marteau. La largeur est à angle droit.

Le devant du foyer, qui est sur la largeur de la maçonnerie, est du même côté que le devant de l'enclume, et il ne la dépasse que de 50 centimètres.

Le devant du foyer est libre et dégagé, au moyen d'un arceau que l'on couvre avec une pierre plate, ou avec une plaque de fonte.

Au niveau du sol et sur le prolongement de la longueur de l'enclume, on laisse un vide ou canal de trois décimètres en quarré, et l'on perce même le mur où il aboutit.

Le milieu du foyer est au-dessus de ce canal et correspond par conséquent au milieu de la largeur de l'enclume.

Il est demi circulaire et très-évasé, ayant 50 centimètres de diamètre à sa surface, et 16 seulement au fond sur une profondeur de vingt-huit.

Il y a deux trous pour le laitier, l'un au niveau du fond et l'autre huit centimètres au-dessus. Ils sont dessous l'arceau pratiqué sur le devant.

3.° La tuyère se place dans le mur du derrière de la forge. Elle est élevée de 18 centimètres au-dessus du fond; sur sa longueur de 32 elle incline de quatre, avance de huit

Digitized by Google

dans le foyer, et son orifice circulaire est de deux et demi.

Un baquet de deux mètres de long, trois décimètres de large et deux de profondeur, est posé et fixé le long du contrevent, en dehors de la maçonnerie qu'il affleure, et parallèlement au manche du marteau.

ARTICLE TROISIÈME.

Travail du martinet.

Lorsque le foyer est plein de charbon allumé de manière à être un peu comble, l'on y met deux ou trois encrénées, massoquettes ou masselettes, provenant de l'étirage des massets au gros marteau. Ces encrénées ont 16 à 20 centimètres de longueur, sur 8 à 10 d'épaisseur en tout sens et pèsent de 5 à 7 kilogrammes.

Comme il est inutile, ou plutôt qu'il n'est pas à propos qu'elles chauffent également en même tems, l'on en place une tout près de la tuyère un peu sur le vent, l'autre sur la même direction, mais plus loin, et l'autre sur le côté au-dessus d'elles. Elles sont saisies à l'une de leurs extrémités par les machoires

Digitized by Google

d'une tenaille dont les bras sont serrés par un coulant.

On les retourne fréquemment pour qu'elles chauffent d'une manière égale, et l'on jette sur le charbon quelques poignées de terre argileuse. Lorsque la première a éprouvé une chaude suante, elle est portée sur l'enclume, on en soude parfaitement toutes les parties à petits coups de marteau, tombant seulement de son propre poids, en faisant traîner les cames sur l'extrémité du manche taillée un peu en biseau.

L'encrénée ainsi soudée sur les trois quarts de sa longueur est remise au feu après que les tenailles l'ont saisie par l'extrémité opposée à celle qu'elles tenaient d'abord.

La seconde encrénée, qui pendant le soudage de la première, a pris sa place dans le foyer, lui succède sur l'enclume, et ensuite vient le tour de la troisième.

La première revient, est soudée à l'extrémité qui ne l'avait pas été, et étirée de suite en partie après le soudage, en donnant au marteau la vîtesse qu'il doit avoir, et en avançant le fer peu-à-peu sur le travers de l'enclume; lorsqu'il y en a assez d'étiré et que l'on arrive à la partie qui n'est pas chaude suffisamment, l'on présente sur la longueur de l'enclume tout ce qui est étiré, et l'on fait battre

Digitized by Google

le marteau de plat et de champ pour dresser et égaliser parfaitement cette partie de la pièce.

Cette partie étirée, mise dans l'eau et refroidie, sert de tenaille, ou plutôt de manche pour faire chauffer et retourner celle qui ne l'est pas. Lorsqu'elle est remise au feu, la seconde va sur l'enclume, et ensuite la troisième.

La troisième encrénée étant soudée entièrement, et la moitié de chacune à-péu-près étant étirée, les autres moitiés sont chauffées et mises successivement sous le marteau; mais aussitôt que la première a subi la troisième et dernière chaude et même avant, une ou deux encrénées nouvelles, sont placées dans le foyer et se préparent, en sorte que le fer va continuellement et sans interruption, du foyer à l'enclume trois fois, de l'enclume au foyer deux fois, et la troisième au magasin.

ARTICLE QUATRIÈME.

Fer étiré par poste de 12 *heures, charbon consommé, déchet du fer, outils, ouvriers.*

Dans un poste de douze heures on fabrique ordinairement six quintaux métriques de fer,

Digitized by Google

et comme pendant ce tems les ouvriers prennent deux repas (le déjuner et le dîné), on ne doit compter que sur dix heures de travail.

L'on consomme environ trois quintaux métriques de charbon; mais d'une part le fer des martinets ou de petit échantillon se vend plus que le fer en barres, en sorte qu'ils produisent du bénéfice, et de l'autre le travail de la fonte va plus vîte.

Le déchet est de cinq à six pour cent, en sorte qu'il faut à-peu-près six et demi quintaux métriques d'encrénées, pour avoir six quintaux de fer paré et étiré; mais il y a un moyen de couvrir ce déchet, et même de faire quelque gain.

L'on a vu qu'au cassage du minérai, il en est qui tombe en poussière, et que l'on rejette de la charge qui se fait au foyer de la forge. L'on en tire parti au martinet, en en jettant par intervalles de grosses poignées sur le charbon en avant de la tuyère. Elle se réduit peu-à-peu, se réunit aux parties qui coulent et se détachent des encrénées, et toutes les six heures on retire un petit masset de 30 à 40 kilogrammes de fer aciereux très-propre pour les instrumens aratoires.

Ainsi l'on voit que l'on fait accessoirement

Digitized by Google

en quelques endroits ce qui est ailleurs l'objet d'une opération principale.

Les outils pour le foyer consistent en un perçoir, un ou deux petits ringards pour remuer le charbon, détacher les scories, et retirer les petits massets, et en 3 à 4 paires de tenailles dont les bras arrondis ont 60 centimètres de longueur, et les machoires 10 à 11 sur deux centimètres en quarré.

Les instrumens du marteau sont deux ou trois ciseaux à manche, un ou deux petits marteaux, et quatre à cinq paires de tenailles, dont l'une des machoires est large et à rebords. pour assujettir les encrénées, et l'autre étroite pour les serrer. La longueur de ces machoires est également de 10 à 11 centimètres; leurs bras un peu arrondis, et d'environ quinze millimètres d'épaisseur, sont courts, vu que l'ouvrier ne s'en sert pas pour faire lévier, mais pour retourner le fer sous le marteau, ils ont au plus trente centimètres de longueur.

Les ouvriers sont au nombre de deux, le chauffeur et le martineur. Il y a ordinairement un aide commis, qui pèse et apporte les encrénées, et qui reçoit et porte le fer au magasin.

Digitized by Google

TROISIÈME PARTIE.

De l'administration des usines, où l'on extrait directement le fer de ses minérais.

§ 1.er

DE LA SITUATION DES USINES RELATIVEMENT A L'ADMINISTRATION.

L'emplacement des forges a été considéré sous le rapport de l'art dans la première section de la première partie de ce traité; il faut maintenant considérer sous le rapport administratif les lieux où elles doivent être situées.

Il y a deux choses à apporter dans les usines le charbon et le minérai, et une à emporter qui est le fer fabriqué.

Le poids du charbon que l'on consomme dans les petits foyers n'excède pas celui du minérai (seconde partie, § IV), il est donc indifférent d'approcher une usine du minérai ou du charbon, puisque l'un fera de moins le chemin que l'autre fera de plus.

Mais il est important d'examiner comment ils pourront être transportés. Le transport à dos de mulet ou de toute autre bête de somme est le plus ingrat et le plus couteux, et il faut

Digitized by Google

reconnaître si celui du charbon ou du minérai peut se faire en tout ou en partie par charrette ou par eau. Les entrepreneurs ne doivent pas hésiter à établir des chemins pour les voitures, et à rendre les ruisseaux ou rivières flottables ou navigables.

Le fer fabriqué doit être exporté quelquefois par la même voie qui sert pour le transport du minérai, et quelquefois par celle que l'on a établie pour l'arrivage du charbon. Il est aussi des circonstances où il doit prendre une route particulière. Dans ces trois cas le charbon et le minérai qui viennent d'un ou de deux miriamètres, sont une ou deux fois plus chers qu'en sortant du fourneau ou de la minière; ainsi une forge qui réussirait dans un lieu ne peut que se ruiner dans un autre.

On ne peut ni transporter les minières, ni en créer à volonté; mais on peut en quelque sorte transporter les forêts, ou pour mieux dire en faire naître de nouvelles au moyen des plantations. Les entrepreneurs doivent continuellement s'occuper de cet objet. Les usines ne sont pas destinées à détruire les bois, mais bien à les multiplier; les terrains montueux et arides, les ravins escarpés, les bords des ruisseaux et des rivières qui les entourent, doivent par elles être couverts d'arbres, qui leur four-

Digitized by Google

nissent à bon marché un combustible abondant et de bonne qualité. La plus grande faute que l'on puisse commettre en fait d'administration, est de dévaster les bois qui sont à portée des établissemens, et d'exploiter de manière qu'ils s'éloignent de plus en plus.

On a vu comment s'opèrent les grillages des minérais: considérés administrativement ils diminuent d'un quart et même davantage le poids de la masse. Ils doivent donc être faits sur la minière même ou tout près d'elle, afin que le transport soit moins considérable, et par conséquent moins couteux.

§ II.

DÉPENSE QU'EXIGE L'ÉTABLISSEMENT DES USINES A FER DIRECTEMENT OBTENU DES MINÉRAIS.

Il y a deux sortes de dépenses pour établir une usine; l'une regarde la construction, et l'autre la mise en activité.

Le bâtiment, la charbonnière et les divers artifices dont il a été parlé, ne coutent ordinairement que vingt à vingt-cinq mille francs; mais outre ce capital modique, il faut une certaine somme pour les frais de mise en activité, ou plutôt il est inutile de construire,

Digitized by Google

des usines, si l'on ne veut pas les mettre à même de marcher comme il convient.

Les habitans des lieux où se forment les entreprises, sont naturellement appelés à bénéficier avec elles, on ne doit donc pas songer à s'isoler et à les repousser puisqu'on a besoin d'eux pour la main d'œuvre, puisqu'ils fournissent des denrées et des provisions utiles, puisque l'on passe souvent dans leurs propriétés pour établir des chemins et des canaux.

Mais les marchés pour les transports doivent être faits en connaissance de cause et bien médités.

L'on ne doit pas désirer de faire languir les travaux des campagnes, et d'ailleurs on peut être bien assuré que les cultivateurs ne travailleront pour une usine, que lorsqu'ils n'auront pas à faire chez eux; et si l'on en avait besoin, ils ne manqueraient pas de s'en prévaloir et de faire payer plus cher. Ainsi en les employant au moins uniquement, l'on ne peut pas compter sur des transports, ou approvisionemens constans et réguliers, et sur-tout économiques.

Il est donc indispensable de faire des fonds pour construire des écuries et des fenils, pour acheter des mulets ou des bêtes de trait, pour arrenter, affermer ou acheter des prairies et

Digitized by Google

des terres qui produiront les grains et les fourrages dont on aura besoin.

Les canaux que l'on fait pour amener les eaux d'œuvre, rendent ou peuvent rendre fertiles des terrains qui n'étaient auparavant d'aucune valeur. Il est naturel que les usines profitent du bien qu'elles font, et les entrepreneurs doivent songer dès le principe, à devenir propriétaires des fonds qui seront améliorés par eux.

Durant une bonne partie de l'année, les bêtes que l'on aura pourront vivre à peu de frais dans les montagnes d'où l'on tirera le minerai et le charbon, et ce bénéfice conséquent résultera d'une simple surveillance.

J'estime à dix ou quinze mille francs la dépense que l'on fera pour la mise en activité d'une usine, en sorte qu'elle coûtera de trente-cinq à quarante mille francs.

§ III.

DU PRODUIT OU RAPPORT DES FORGES OÙ L'ON EXTRAIT DIRECTEMENT LE FER DE SES MINES.

Je me bornerai à faire deux tableaux. Le premier sera celui des transports d'une usine qui n'a pas ses moyens de transport, c'est-à-dire, pour laquelle on n'a pas fait les frais conve-

Digitized by Google

nables de mise en activité; et le second celui d'une forge qui fait elle-même ses approvisionnemens.

PREMIER TABLEAU.

Produit d'une usine qui n'est pas, ou que l'on n'a pas mise à même de faire ses transports.

DÉPENSE.

Achat ou frais d'exploitation de six mille quintaux ordinaires de minérai, évalués à cinq décimes l'un, ou de trois mille quintaux métriques à dix décimes ou un franc, trois mille francs, ci	3000 f.
Transport dudit minérai par des étrangers, dans la supposition que la minière est éloignée d'un myriamètre de l'usine, à raison d'un franc le quintal ordinaire, ou de deux francs le quintal métrique	6000
Prix et façon de six mille quintaux ordinaires ou de trois mille quintaux métriques de charbon, fait dans des bois et forêts arrentés par l'usine, à deux francs le quintal métrique . .	6000
	15000

Digitized by Google

De l'autre part . . .	15000
Transport dudit charbon en supposant également qu'il y ait un myriamètre à parcourir	6000
Exportation de deux mille quintaux ordinaires ou de mille quintaux métriques de fer, le dépôt étant lui-même censé à un myriamètre de distance	2000
Gages d'un préposé et frais de chauffage et lumière	1800
Gage d'un aide, chauffage et lumière	800
Réparations et entretien de l'usine	1000
Pertes sur les poids et les mesures, pour les pierres, le frazil et les fumerons qui seront apportés envain, le service étant fait par les étrangers	4000
A payer aux forgerons pour la fabrication de deux mille quintaux ordinaires ou de mille quintaux métriques de fer, à 2 francs le quintal ordinaire, ou 4 francs le quintal métrique	4000
Total	34600

Digitized by Google

Prix de deux mille quintaux ordinaires, ou de mille quintaux métriques de fer, à raison de 20 francs le quintal ordinaire, ou de 40 francs le quintal métrique , . . . 40000

Dépense ci-dessus à soustraire . 34600

Reste pour le bénéfice . 5400

II. TABLEAU.

Produit d'une usine, qui fait elle-même ses transports et approvisionnemens.

Achat ou exploitation de trois mille quintaux métriques de minérai à 1 franc l'un 3000 f.

Prix et façon de trois mille quintaux métriques de charbon à 2 francs l'un 6000

Transport de trois mille quintaux de minérai, de trois mille quintaux de charbon et des mille quintaux de fer fabriqué, dans le cas le moins favorable, celui où tout se fait à dos de bête de somme.

Un mulet porte facilement un quin-

9000

Digitized by Google

De l'autre part . . .	9000

tal et demi métrique; la distance à parcourir étant d'un myriamètre comme dans le tableau précédent, il fait deux voyages par jour, et par conséquent en 259 jours il transporte 777 quintaux métriques.

En multipliant ce produit par 9, on a 6993; ainsi neuf mulets qui travailleront 259 jours, feront aisément tous les transports d'une usine.

La dépense annuelle pour la nourriture et le ferrage des neuf mulets à raison de 500 francs l'un, monte à	4500
Nourriture et gages de trois muletiers	2400
Entretien des harnais	500
Gages d'un préposé et frais de chauffage et de lumière	1800
Gages d'un aide, chauffage et lumière	800
Réparations et entretien de l'usine	1000
A payer aux forgerons pour la fabrication de mille quintaux métriques de fer, à raison de 4 francs l'un .	4000
Total . . .	24000

Digitized by Google

Prix de mille quintaux métrique de fer à raison de 40 francs l'un 40000

Bénéfice 16000

Ainsi dans le premier cas le bénéfice est tout au plus de 5400 francs, et dans le second il peut s'élever à 16000 francs.

Il est rare sur-tout en France que les frais de gestion d'une usine, ne s'élèvent et ne puissent s'élever qu'à 2600 francs. Celle d'ailleurs dont le service sera fait par des étrangers, se trouvera souvent exposée à des chommages qui lui porteront beaucoup de préjudice, en sorte qu'au lieu de gagner, elle aura de la perte au bout de l'année.

Il paraîtrait au premier coup d'œil qu'un certain nombre de bêtes de somme pourrait être onéreux à un établissement; mais ne travaillant que 259 jours, elles en ont deux chaque semaine pour se reposer; on a la faculté de les renouveller, et en les bien soignant on les vend plus qu'elles n'ont coûté; en achetant des prairies et des terres, pour lesquelles on aura des engrais abondans, et qui produiront les fourrages et les grains qui seront consommés,

Digitized by Google

les frais de transport seront nuls; on voit d'après cela que le produit d'une usine dépend de l'administration, et qu'il augment, ou s'évanouit, suivant qu'elle est bien ou mal entendue.

§ IV.

DES CAS, OÙ DANS UN MÊME CANTON DEUX OU TROIS USINES PROSPÈRENT MIEUX QU'UNE SEULE.

Il peut arriver, ou plutôt il arrive souvent que les bois s'éloignent peu-à-peu, et qu'au lieu d'y faire deux voyages par jour, on ne peut plus y aller qu'une fois; les frais de transport sont par-là même doublés; la dépense devient trop considérable, et les usines qui faisaient des bénéfices quand le combustible était à leur portée, ne travaillent plus qu'avec perte. Voilà comment et pourquoi des établissemens, qui d'abord avaient été productifs, cessent de rapporter, deviennent onéreux et finissent par être abandonnés au détriment de l'état et des particuliers.

Supposons qu'un maître d'usine plante d'arbres, les bords des ruisseaux, des rivières et des canaux, les gorges et ravins, les terrains incultes et stériles qui l'entourent et qu'il importe de remettre sous bois, que de cette ma-

Digitized by Google

nière il puisse se procurer le charbon nécessaire pour travailler seulement trois mois de l'année.

Il fabriquera environ trois cent trente quintaux de fer, qui lui rapporteront au moins 13200 f.

Le charbon ne lui coûtera que la façon, ainsi les 900 quintaux dont il aura besoin, ne lui reviendront à raison d'un franc cinquante centimes l'un, qu'à	1350 f.	
Les 900 quintaux de minérai, à un franc l'un, font . . .	900	
Il payera aux forgerons .	1320	
Entretien de l'usine . . .	1000	
Le transport du minérai, du charbon et du fer, par trois mulets qui lui appartiendront, lui coûtera peu de chose, celui du charbon sur-tout, où l'on fera cinq à six voyages par jour. Ainsi les trois articles ne passeront pas	1800	
Total de la dépense .	6370	ci 6370
Il y aura donc un bénéfice de . .		6830

Digitized by Google

Si d'un autre côté, à un myriamètre de distance de cette première usine, et toujours à un myriamètre de la minière, on établit une seconde forge, et ensuite aux mêmes distances, une troisième, une quatrième, etc., qui auront chacune leurs bois et leurs moyens de transport, elles travailleront toutes avec bénéfice, tandis qu'une seule qui aurait une vaste étendue de terrain pour s'approvisionner de combustible, ne ferait que se ruiner.

Si l'on se figure maintenant qu'une riche minière est sur les bords d'une rivière navigable, ou de la mer, que le transport du minérai par eau, à dix, vingt, trente myriamètres de distance, ne coûte pas plus que par terre à un myriamètre, l'on concevra comment les mines de Somma-rostro et Galendi près Bilbao en Espagne, alimentent les usines de la Biscaye, du Guipuscoa, d'une partie de la Navarre, et celles de l'Ile d'Elbe, les forges de Naples, de la Romagne, de l'Étrurie, de la Corse et du pays de Gênes.

Digitized by Google

NOTE

Sur la conversion de la fonte en fer dans les affineries, au moyen de la fusion liquide.

Dans presque toutes les affineries et renardières on ne fait subir qu'une fusion pateuse à la fonte que l'on convertit en fer, et l'on peut dire que ce procédé est généralement suivi; cependant il se trouve quelques ouvriers qui emploient la fusion liquide. Comme j'en ai eu avec moi, je crois pouvoir et même devoir faire connaître cette manière intéressante d'opérer.

La disposition du fourneau est la même que pour la conversion au moyen de la fusion pateuse. Ses dimensions et sa forme sont également pareilles (1). L'on a seulement deux ins-

---

(1) En France où le fer est bien fait et bien épuré, les foyers des renardières et affineries, ont ordinairement les dimensions suivantes :

	Centimètres.
Longueur, du laitérol à la rustine . .	70
Largeur, de la varme au contrevent,	
Au fond du foyer	43
A la surface	48
Profondeur, à la rustine	43
Au contrevent	28

Digitized by Google

trumens de plus. Le premier est une barre de fer quarrée, pointue d'un côté et fourchue de l'autre, de sept décimètres de longueur et de

---

	Centimètres.
Au laitérol	28 à 29
Inclinaison de la plaque du fond vers le laitérol,	
A l'angle de la varme	5
A l'angle du contrevent	6
Inclinaison de la taque de la tuyère,	
En dedans	1[2
Saillie de la tuyère dans le fourneau .	10
Elévation au-dessus du fond,	
A la varme	13
A l'extrémité de sa lèvre inférieure .	12 1[2
Diamètre de son orifice circulaire . .	2 1[2
Distance du milieu de la tuyère à la rustine	33
Du même milieu de la tuyère au laitérol	37
Trous du laitérol deux, diamètre . .	2 1[2
Position; l'une au niveau de la sole, à l'angle du contrevent et du laitérol, l'autre au milieu de la longueur de ce dernier, élevé au-dessus du fond de	11

Dans une affinerie bien construite, tout doit être disposé et coordonné comme dans une forge catalane, mais il est bien rare que cela soit.

En France, la gueuse est ordinairement affinée dans une seule opération; en Italie, on lui fait généralement subir deux feux.

Digitized by Google

quatre centimètres d'épaisseur. La pointe s'enfonce de deux décimètres dans un billot de

---

1.° Après l'avoir cassée en morceaux de 11 à 16 centimètres de longueur et de largeur, et d'une épaisseur de 6 à 9 centimètres, on en fait des tas de quelques quintaux sur l'âtre d'un foyer à vent. Les morceaux sont empilés de manière qu'il y ait des vides entre eux et au centre. Le vide du milieu est rempli de charbon, et les tas en sont environnés et couverts; quelques charbons allumés devant la tuyère, communiquent le feu, et la chaleur est telle que la gueuse se boursouffle et devient spongieuse. Dans cet état on lui donne le nom de *ferracio*.

2.° Ce *ferracio* est mis par pièces et grumeaux dans un foyer d'affinerie dont la surface est ovale. Le grand diamètre, de la tuyère au contrevent, est de 54 centimètres, le petit diamètre, du laitérol à la rustine, est de 41. Le foyer en a 43 de profondeur, et va en pente jusqu'au fond, excepté du côté de la varme qui est droit. La tuyère ne déborde la varme que de cinq centimètres, et arrive à la moitié de la hauteur du fourneau. Le trou du laitérol arrive au fond du creuset en montant. Le *ferracio* est d'abord mis à la superficie, touchant le contrevent; il s'enfonce peu-à-peu et on le chauffe à-peu-près à blanc en avant de la tuyère et sur le vent. L'ouvrier le retourne, le soulève, le découvre un peu, et quand il a une couleur claire, il le porte sous le marteau. D'autres grumeaux placés et chauffés au contrevent, arrivent à leur tour au centre du foyer et le travail se poursuit de la même manière.

Digitized by Google

bois, dont une partie est enterrée dans le sol de l'usine, où il est solidement fixé, sur la direction du mur de la varme à un metre du foyer. La fourche qui est en l'air et élevée d'un mètre au-dessus de terre, a une ouverture de 12 à 14 centimètres de profondeur, et de 7 à 8 à la surface.

Le second instrument est un canon de fusil courbé de manière qu'une extrémité arrive par dessous le foyer, au milieu de la plaque du fond, et l'autre s'élève touchant la varme d'un décimètre au-dessus de la rustine. Celle-ci re-

---

Comme le fer n'est chauffé qu'à un rouge clair, il reste doux et ne se combine pas avec le carbone qui, pour cela, exige une chaleur blanche; mais il est rare aussi qu'il soit bien purgé, et fort souvent il contient du laitier et du charbon en nature, en sorte que d'une part il se soude mal, et que de l'autre, lorsqu'il est fortement chauffé, il devient aciéreux et cassant.

On n'est pas en usage en Italie de faire des encrénées, massoquettes ou petites masses; l'on étire de suite en barres, les loupes fournies par les grumeaux, et l'on en soude plusieurs pour faire les grosses pièces. Pour avoir du fer subtil ou de petit échantillon, on envoie les barres au martinet, où elles sont étirées après avoir été chauffées jusqu'au rouge cérise, dans le charbon, et le plus souvent sur des grilles au-dessus du charbon, aussi le fer est il ordinairement pailleux, gersé et fendillé sur les bords.

Digitized by Google

çoit successivement un entonnoir ou un bouchon.

La fonte que l'on traite n'est point en gros prismes triangulaires placés parallèlement à la varme, et ensuite avancés peu-à-peu au-dessus de la tuyère ; elle est en plaques minces, cassées en petits morceaux que l'on jette sur le charbon dans l'angle formé par la rustine et le contre-vent, de cette manière la fusion se fait plus vîte, et l'on ne brûle pas du charbon en pure perte.

Un bon parement du frasil ou poussière de charbon garnit le devant du laitérol dans toute sa longueur.

L'on donne de suite un vent assez fort pour rendre la fonte liquide.

D'un côté l'ouvrier soulève les morceaux non fondus, tombés sur le fond du creuset, et les fait entrer dans le charbon que l'on renouvelle à mesure qu'il se consume ; de l'autre, il détache avec son ringard les parties de gueuse qui ont coulé, soit dessous la tuyère, soit à l'angle de la varme et de la rustine, où elles se figent promptement, vu qu'il y a moins de chaleur. Il les amène sur le vent au milieu du fourneau ; là elles éprouvent l'action du feu, et tombent au fond où tout se ramasse et se réunit.

Digitized by Google

Il ouvre le trou inférieur du laitérol et donne passage au laitier en avançant le perçoir le long du contrevent, et en montant jusqu'au niveau de la tuyère; s'il coule un peu de fonte, il la laisse figer, et la rejette dans le foyer.

Il porte fréquemment son ringard au milieu du fond du foyer, soulève et détache la matière qui se fige peu-à-peu, et qui, sur-tout dans les premières opérations adhérerait trop fortement à la sole. Le foyer étant bien chaud après le feu d'une demie journée, il reconnaît si la matière prend de la consistance, lorsque la charge est presque toute fondue, ce qui arrive ordinairement après une heure de travail. Si elle est liquide, il la fait figer promptement en versant un peu d'eau dans le canon de fusil.

La matière étant figée, il la met au-dessus du vent, au milieu du charbon qui l'environne de toutes parts. Il la tient ainsi pendant un quart d'heure, et jusqu'à ce qu'elle soit à l'état de pâte molle et facile à pénétrer. Il se sert alors de deux ou trois ringards pointus, qu'il tient dans un long baquet plein d'eau, placé entre l'enclume et le contrevent, et couvert en partie d'une plaque de fonte; il ouvre le trou supérieur du laitérol pour donner issue aux scories surabondantes. Il enfonce successi-

Digitized by Google

vement et l'un après l'autre ces ringards dans la matière, il la roule partout dans le même sens et du côté de la tuyère avec rapidité. Il retire de même les ringards qui apportent toujours une pelote de pâte d'abord claire, et ensuite de plus en plus ferme et homogène; il lance dans la fourche, de haut en bas et en tirant à lui, chaque ringard qu'il sort du foyer et en détache ainsi lestement la pelote de pâte qu'il amène et enfonce de suite dans le charbon; quoique les ringards soient plongés froids dans le masset, ils s'échauffent si fort en peu de minutes que la pelote s'y soude en partie, lorsque le fer est à-peu-près purifié. Alors il se borne à relever un peu la masse, il l'approche de la tuyère, de manière que le vent la frappe à-peu-près au centre; mais il le diminue, et écarte les charbons qui sont contre la varme; il s'élève de brillantes étincelles, que l'on fait cesser en jettant quelques poignées de terre dans l'entonnoir formé par l'écartement du charbon; cinq minutes après on ôte le vent et l'on extrait le masset qui repose sur un gros gâteau de scories.

Digitized by Google

NOUVELLES EXPÉRIENCES

SUR

LES POMPES.

En novembre et décembre 1806, *j'ai construit à Lyon une petite machine hydraulique, avec laquelle j'ai fait sur les pompes quelques expériences, qu'il me paraît intéressant de faire connaître.*

APPAREIL.

Hauteur du corps de pompe	22	cent.
Diamètre	9	cent.
Poids du piston et de sa tige	1 1/2	kil.gr.
Capacité du corps de pompe, la soupape, le piston, et sa tige, y étant un et demi kilogr. d'eau, ci	1 1/2	kil.gr.
Bascule pour faire mouvoir le piston, ayant 80 centimètres de longueur et formant de chaque côté un bras de levier de . .	49	cent.
Longueur du tuyau de montée, dit d'aspiration	2	mètres.

Digitized by Google

I.re EXPÉRIENCE.

La pompe étant pleine, le tuyau de montée de 3 centimètres de diamètre, étant vide et sans eau au-dessous de lui, j'ai constamment levé en trois secondes un kilogramme d'eau.

II.e EXPÉRIENCE.

La pompe étant pleine, ainsi que le tuyau de montée, et le bassin inférieur, où il plongeait, j'ai levé le piston en trois secondes; la pompe est restée pleine, mais elle n'a point versé d'eau.

III.e EXPÉRIENCE.

Ayant chargé la bascule avec des poids, et tout étant vide d'eau, trois quarts de kilogrammes ont levé le piston en trois secondes, en sorte que le poids du piston et de la tige étant d'un demi kilogramme, le frottement a été évalué à un quart de kilogramme.

IV.e EXPÉRIENCE.

L'appareil étant le même que dans la I.re expérience où la pompe seule était remplie,

Digitized by Google

deux et demi kilogrammes ont constamment levé le piston et font verser un kilogramme d'eau, en deux secondes.

V.e EXPÉRIENCE.

Ayant changé le tuyau de montée, de trois centimètres de diamètre, et l'ayant remplacé par un autre d'un centimètre et demi de diamètre seulement, tout étant plein d'eau comme dans la II.e expérience, il a fallu douze kilogrammes pour lever le piston en trois secondes; la pompe n'a point jetté d'eau et s'est au contraire désemplie d'un seizième de sa hauteur.

VI.e EXPÉRIENCE.

Le tuyau de montée de trois centimètres de diamètre ayant été remis en place, et tout étant plein, huit kilogrammes ont levé le piston en trois secondes, la pompe est demeurée pleine et n'a point versé d'eau.

VII.e EXPÉRIENCE.

Ayant adapté un entonnoir de treize centimètres de diamètre à l'orifice du tuyau de montée et la disposition étant la même d'ail-

Digitized by Google

leurs, c'est-à-dire, tout étant plein, six kilogrammes ont levé le piston en trois secondes, et tiré un demi kilogramme d'eau.

OBSERVATIONS.

1.° Il est clair qu'une pompe dite aspirante est une véritable machine pneumatique lorsqu'elle est fermée hermétiquement, et que l'on y férait tout aussi bien le vide qu'ailleurs, si le piston était disposé pour cet effet.

2.° On voit d'après la seconde expérience, et l'on sent bientôt que la chose doit être ainsi, on voit, dis-je, que la colonne d'air qui presse sur l'eau qui est dans la pompe s'efforce de remplir le vide formé par l'ascension du piston, aussi bien que la colonne qui agit à l'orifice du tuyau de montée, et que l'effet de cette dernière est en raison de l'ouverture de ce tuyau, ou de l'entonnoir qui y est adapté.

3.° Les pistons étant ordinairement garnis en cuir, et ajustés de manière que ce cuir ait du jeu et s'ouvre en montant, l'eau passe à travers bien souvent, comme le mercure au travers d'une peau de chamois étendue sur un récipient où l'on fait le vide, ou bien elle se précipite par les parois (1).

(1) Il est évident que l'eau du corps de pompe, quand

Digitized by Google

4.° Les V, VI, et VII expériences prouvent qu'il faut une force motrice beaucoup plus, ou beaucoup considérable, suivant que le corps de pompe a plus ou moins de surface et que les tuyaux de montée ou leur ouverture inférieure sont plus ou moins étroits.

CONSÉQUENCES.

Il suit de ces expériences:

1.° que l'on a connu jusqu'ici la cause de l'ascension de l'eau dans les pompes, mais que la théorie de leur construction, sous le rapport de l'économie et de la quantité des forces motrices est entièrement neuve.

2.° Que l'usage où l'on a été jusqu'à présent de faire des corps de pompe très-larges, et des tuyaux de montée ou d'ascension très-petits,

---

il est vertical, tend à descendre non-seulement par l'effet de la pression de la colonne d'air qui agit sur elle, mais encore par son propre poids, tandis que celle qui monte par l'effet de la pésanteur de l'air, à la sienne propre à surmonter.

Dans le cas où les pistons rempliraient exactement les corps de pompe, il passerait peu ou très-peu d'eau; mais le frottement serait plus considérable, et la pression de l'air n'en serait pas diminuée.

Digitized by Google

est on ne peut plus vicieux et en raison inverse des principes que l'on doit suivre.

3.° Qu'il y a des découvertes à faire à l'égard de la grandeur diamétrale des corps de pompe relativement à celle des tuyaux de montée; et j'observe que le traité de physique du célèbre professeur Haüy, qui est le meilleur et le plus récent que nous ayons; ne fait pas mention de cet objet essentiel et absolument neuf.

4.° Les opérations dynamométriques faites jusqu'aujourd'hui sur les pompes, ayant eu lieu avec des tuyaux de montée dont le diamètre et orifice était très-petit en comparaison des corps de pompe mêmes, ne sont point satisfaisantes, et l'on ne doit pas s'arrêter aux calculs et formules que l'on a publiés.

Digitized by Google

Je me proposais de faire faire des cilindres en verre, et de suivre mes expériences avec des entonnoirs recourbés, lorsque j'ai été envoyé en mission dans les 27.e et 28.e divisions militaires. Je les reprendrai au premier moment favorable.

Turin, ce 8 décembre 1807.

MUTHUON,

Ingénieur en chef des mines.

Digitized by Google

TABLE.

Pag.

Avertissement 3

Division de ce traité en trois parties . . 5

PREMIÈRE PARTIE.

De la construction des forges catalanes . ibid.

Section 1.re *Emplacement des usines et bâtimens* 6

Section 2.e *Des artifices* 10

§ *I.er Des artifices pour la malléation* . ibid.

N.° 1. *Roue, pâles ou aubes, canal d'emboitement* . . . . . ibid.

N.° 2. *Arbre de la roue, supports et enchevêtrure, cames ou lèves* . . . 14

N.° 3. *Manche du marteau, anneau ou bogue, marteau, enclume, ressort du marteau* 22

N.° 4. *Eau, canaux, antapara ou réservoir, bondes, décharges, cages des roues* 29

§ *II. Artifices pour la fonte* 39

N.° 1.er *Des trompes des forges catalanes* ibid.

Observations sur les trompes en général . 48

N.° 2. *Le foyer ou fourneau* 50

Digitized by Google

Pag.

Différentes espèces de foyers, le catalan, le navarrais et le biscayen . . . 52
N.° 3. *La tuyère* 59
Dix tableaux des dimensions et dispositions des artifices pour la malléation et la fonte . . . . . 70-71 *et suiv.*
N.° 4. *Des soufflets* 96
Observations sur la véritable dénomination des forges catalanes, de quelle manière il faut les établir, ou des moyens de les multiplier suivant les lieux et les courans d'eau 100
N.° 5. *L'air* 104

SECONDE PARTIE.

Travail des usines, où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal, improprement nommées jusqu'à présent forges catalanes 106
§ I.er *De la préparation des minérais* . ibid.
Art. 1.er *De la nature des minérais que l'on emploie, et des grillages en général* . . . . . ibid.
Art. 2. *Des différentes manières de griller les minérais* 110
Art. 3. *De la force des grillages* . . . 112
Art. 4. *De la macération des minérais* . 115

Digitized by Google

Pag.

Art. 5. *Du mélange des minérais et des fondans* 116

Art. 6. *Du cassage* 121

§ *II. De la fonte et ce qui y a rapport* 122

Art. 1.er *De la fonte* . . . . . ibid.

Art. 2. *Observations sur la manière dont le vent agit dans les foyers, où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal* 135

Art. 3. *De la fusion pâteuse, et de la fusion liquide* 138

Art. 4. *Comparaison du fondage dans les foyers à fer aux autres fondages* . 143

Art. 5. *Du rang que les petits foyers à fer doivent tenir parmi les autres fourneaux; idées sur leur classification et dénomination* 148

Art. 6. *Des dimensions intérieures des trompes, et de la force des soufflets pour les différens fourneaux à fer; résumé sur ces deux artifices et l'effet de la pression de l'eau* 155

Art. 7. *Description d'une forge Corse* . 160

Art. 8. *De l'acier qui se rencontre dans les massets provenans des fourneaux, où l'on convertit directement les minérais ferrugineux en métal* . . . 165

Digitized by Google

Pag.

Art. 9. *De la fonte du fer oxidé rubigineux ou des mines de fer limoneuses, en grains et des minérais arénacés dans les petits foyers* 167

Art. 10. *Courte digression sur la manière simple, antique et primitive de fabriquer le fer et l'acier* 171

Art. 11. *De la fabrication du fer avec la houille dans les petits foyers* . . 174

§ *III. Du charbon* 176

Comparaison de la consommation dans les foyers à fer, à celle qui a lieu dans les forges à gueuse et affineries . ibid.

§ *IV. Des outils employés dans les forges à fer directement obtenu des minérais* 186

Art. 1.er *Des outils qui servent au fondage* 187

Art. 2. *Des outils qui servent pour la malléation, le chauffage et étirage des massets* 191

§ *V. Des ouvriers employés dans une forge à fer directement obtenu des minérais* 194

§ *VI. Des martinets, nommés en italien,* Distendini, *et en piémontais* Subtiladure 195

Art. 1.er *Des artifices qui servent pour étirer et parer le fer dans les martinets* 196

Digitized by Google

Pag.

Art. 2. *Des artifices nécessaires pour chauffer le fer* 199

Art. 3. *Travail des martinets* 201

Art. 4. *Fer étiré par poste de* 12 *heures, charbon consommé, déchet du fer, outils, ouvriers* 203

TROISIÈME PARTIE.

De l'administration des usines, où l'on extrait directement le fer de ses minérais 206

§ 1.er *De la situation des usines, relativement à l'administration* . . . . ibid.

§ *II. Dépense qu'exige l'établissement des usines à fer directement obtenu des minérais* 208

§ *III. Du produit ou rapport des usines, où l'on extrait directement le fer de ses minérais* 210

§ *IV. Des cas, où dans un même canton deux ou plusieurs usines prospèrent mieux qu'une seule* 216

Note sur la manière de convertir la gueuse en fer dans les affineries, au moyen de la fusion liquide 219

Nouvelles expériences sur les pompes . . 226

Digitized by Google

ERRATA.

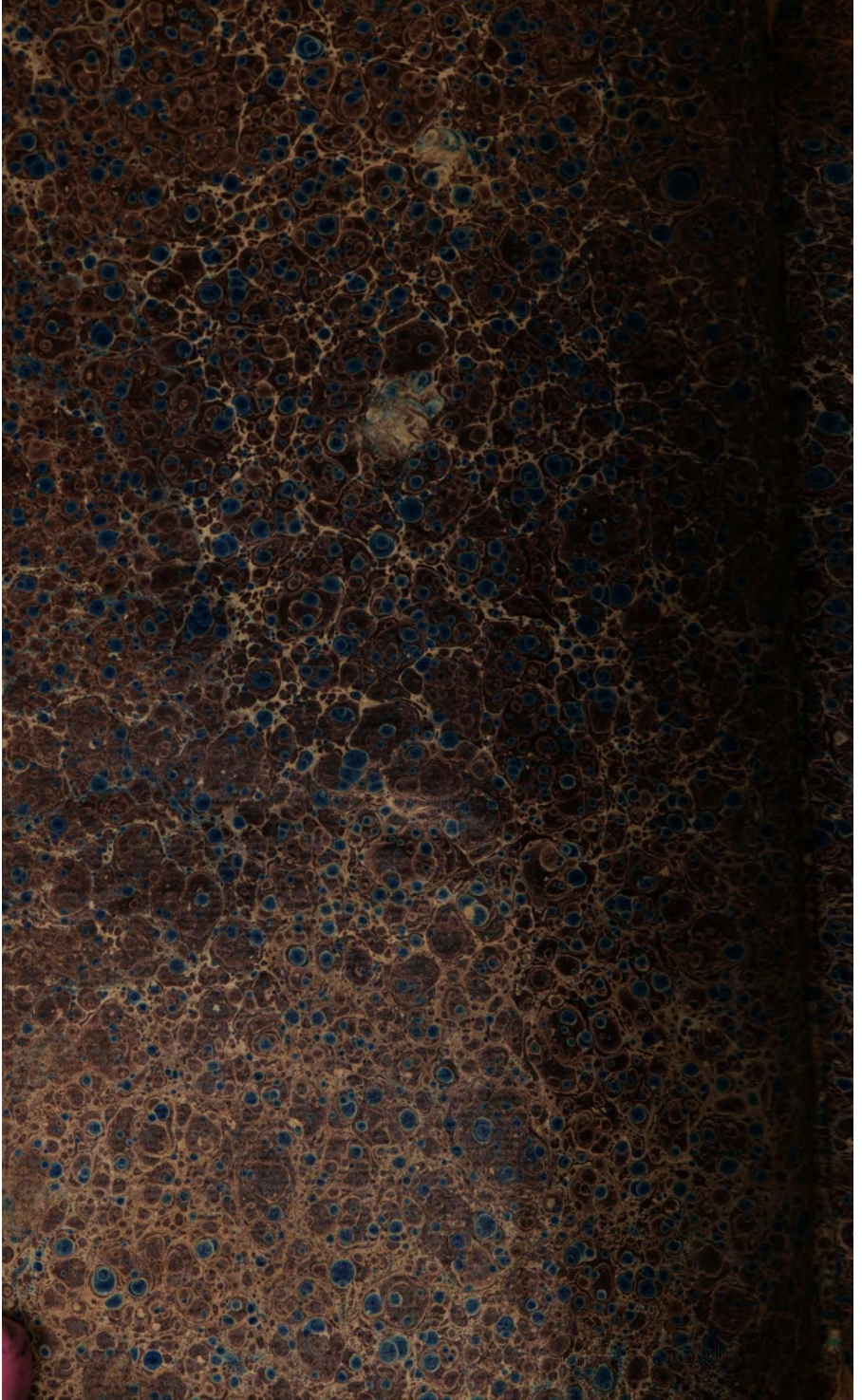
Pag.	*Lign.*		
16	4	à deux mètre . *lisez*,	à deux mètres
31	15	sans le marteau . .	sous le
97	13	base	buse
112	25	de quartiers	des quartiers
117	10	quatre du troisième .	trois
120	*note*;	manléon	mauléon
159	1	base . . . . . :	buse
id.	24	il déboucheraient .	déboucherait
160	6	se rassemblent . . .	se ressemblent
172	2	trances	traces
173	*note*;	vive et animées . .	animée
177	3	un plus	plus

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google